

高等学校环境类教材

清洁生产与循环经济 (第2版)

Cleaner Production and Circular Economy (Second Edition)

曲向荣 编著
Qu Xiangrong



清华大学出版社

高等学校环境类教材

清洁生产与循环经济

(第2版)

**Cleaner Production and
Circular Economy**
(Second Edition)

曲向荣 编著

Qu Xiangrong

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书在总结清洁生产与循环经济领域的教学经验与科研成果基础上编著而成,是一本较全面阐述清洁生产与循环经济的理论与实践的教材。以环境问题、资源与能源为切入点,在介绍了清洁生产与循环经济的关系及其理论的基础上,一方面系统论述了清洁生产的主要内容及其发展、清洁生产的法律法规和政策、清洁生产审核、清洁生产指标体系及评价等内容;另一方面又系统论述了循环经济的主要内容及其发展以及农业循环经济、工业循环经济、服务业循环经济和循环型社会等内容。

本书可作为高等院校本科生、研究生的教材,也可作为从事“三产”的技术人员和管理人员的培训教材或参考书及作为政府机构的决策者、经济管理部门和环境保护部门的管理人员、行业协会的从业人员的参考用书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

清洁生产与循环经济/曲向荣编著.--2版.--北京:清华大学出版社,2014

高等学校环境类教材

ISBN 978-7-302-37396-4

I. ①清… II. ①曲… III. ①无污染工艺—高等学校—教材 ②自然资源—资源利用—高等学校—教材 IV. ①X383 ②F062.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第163084号

责任编辑:柳 萍 赵从棉

封面设计:傅瑞学

责任校对:刘玉霞

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17 字 数:414千字

版 次:2011年1月第1版 2014年9月第2版 印 次:2014年9月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00元



FOREWORD

工业革命以来,特别是 20 世纪中期以来,由于世界人口的迅速增加和工业经济的空前发展,资源消耗速度明显加快,废弃物排放量显著增多,环境污染、生态破坏和资源枯竭的深层次环境问题日益突出。“环境公害”与近代环境问题为我们敲响了警钟,环境、资源和能源危机已成为制约经济社会发展的“瓶颈”。

在可持续发展战略思想的指导下,1989 年联合国环境规划署工业与环境发展规划中心提出了清洁生产的概念,“清洁生产是指将整体预防的环境战略持续应用于生产过程和产品中,以减少对人类和环境的风险”,并开始在全球推行清洁生产政策,经过几十年的不断创新、丰富与发展,获得了很大进展。

1992 年,联合国环境与发展大会制定的《21 世纪议程》明确提出,转变发展战略,实施清洁生产,建立现代工业的新文明。清洁生产带来全球发展模式的革命性变革,其意义不亚于工业革命。

1994 年,我国制定了《中国 21 世纪议程》。在确定国家可持续发展优先项目中,把建立资源节约型工业生产体系、推行清洁生产列入可持续发展战略与重大行动计划。同年,世界银行中国环境技术援助项目“推进中国清洁生产子项目”在中国实施。从此,我国的环境保护战略由“末端治理”转变为“预防为主、防治结合”,彻底扭转了过去“末端治理”的被动局面,我国的环境保护事业开始了历史新篇章。2002 年《中华人民共和国清洁生产促进法》的颁布和实施,标志着我国清洁生产工作步入了规范化、法制化轨道。

循环经济是一种以资源的高效利用和循环利用为核心,以“减量化、再利用、再循环”为原则,以低消耗、低排放、高效率为基本特征,符合可持续发展理念的经济增长模式,是对传统增长模式的根本变革。推行循环经济包括三个层次:在企业内部开展清洁生产;在企业间建设生态工业园区;在社会层面上开展全社会资源综合利用,建设循环型社会。2008 年《中华人民共和国循环经济促进法》的颁布和实施,标志着我国循环经济工作也步入了规范化、法制化的轨道。

我国资源总量较大,但人均占有量少。由于目前我国粗放式的经济增长方式尚未根本改变,因此资源消耗高、浪费大、利用率低。发达国家在过去 100 多年发展过程中出现的环境问题,在我国 30 年的快速发展中集中显现出来。在资源与环境的双重压力下,我国经济要保持快速稳定增长,唯一的出路就是大力发展清洁生产和循环经济。

本书在第 1 版的基础上做了结构上的调整和内容上的充实,更具有系统性和前瞻性。本书汇集了清洁生产与循环经济领域最新的教学与科研成果,内容丰富,理论联系实际,能满足学生拓宽知识面、适应当前教学信息量大的要求,并便于在教学中选择讲授。

全书共分 11 章, 主要内容包括: 环境问题、资源与能源, 清洁生产概述, 清洁生产与循环经济的理论基础, 清洁生产的法律法规和政策, 清洁生产审核, 清洁生产指标体系及评价, 循环经济概述, 农业循环经济, 工业循环经济, 服务业循环经济和循环型社会等。

本书可作为高等院校本科生、研究生的教材, 也可作为从事“三产”的技术人员和管理人员的培训教材或参考书及作为政府机构的决策者、经济管理部门和环境保护部门的管理人员、行业协会的从业人员的参考用书。

本书在编写过程中引用了大量的国内外相关领域的最新成果与资料, 在此向这些专家、学者致以衷心的感谢。

由于编者水平有限, 不足之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

编著者

2014 年 7 月

目

录

CONTENTS

第 1 章 环境问题、资源与能源	1
1.1 环境问题	1
1.1.1 当今世界主要环境问题及其危害	1
1.1.2 我国当前资源环境形势	5
1.2 自然资源	7
1.2.1 自然资源的定义	7
1.2.2 自然资源的分类	8
1.2.3 自然资源的属性	8
1.3 能源与清洁能源	10
1.3.1 能源的定义和分类	10
1.3.2 清洁能源	12
复习与思考	16
第 2 章 清洁生产概述	17
2.1 清洁生产的产生与发展	17
2.1.1 清洁生产的产生	17
2.1.2 清洁生产的发展	18
2.2 清洁生产的概念和主要内容	23
2.2.1 清洁生产的概念	23
2.2.2 清洁生产的主要内容	24
2.3 清洁生产的作用和意义	25
2.3.1 清洁生产的作用	25
2.3.2 开展清洁生产的意义	26
2.4 清洁生产的实施途径	27
2.4.1 清洁生产推行和实施的原则	27
2.4.2 清洁生产实施的主要方法与途径	29
2.5 清洁生产与循环经济的关系	39
复习与思考	40

第3章 清洁生产与循环经济的理论基础	41
3.1 可持续发展理论	41
3.1.1 可持续发展思想的由来	41
3.1.2 可持续发展的内涵和基本原则	44
3.2 物质平衡理论	46
3.2.1 能量守恒定理	46
3.2.2 物质守恒原理	47
3.3 生态学理论	48
3.3.1 生态学及其发展	48
3.3.2 生态系统	50
3.3.3 生态平衡	58
3.4 ISO 14000 环境管理系列标准	58
3.4.1 ISO 14000 环境管理系列标准概述	58
3.4.2 ISO 14000 环境管理系列标准的分类	59
3.4.3 ISO 14000 环境管理系列标准的特点	61
3.4.4 实施 ISO 14000 环境管理标准的意义	62
3.4.5 ISO 14000 与清洁生产的关系	63
复习与思考	64
第4章 清洁生产的法律法规和政策	65
4.1 清洁生产的相关法律法规和政策	65
4.1.1 中国清洁生产相关法规进展	65
4.1.2 清洁生产的相关政策	67
4.2 重要法规解读	70
4.2.1 《中华人民共和国清洁生产促进法》	70
4.2.2 《关于加快推行清洁生产的意见》	75
4.2.3 《清洁生产审核暂行办法》	76
4.2.4 《重点企业清洁生产审核程序的规定》	77
4.3 清洁生产标准	78
4.3.1 清洁生产标准的基本框架	79
4.3.2 中国行业清洁生产标准	79
4.4 强制性清洁生产审核制度	81
复习与思考	82
第5章 清洁生产审核	83
5.1 清洁生产审核概述	83
5.1.1 清洁生产审核的概念和目标	83
5.1.2 清洁生产审核的对象和特点	83

5.1.3	清洁生产审核的思路	85
5.2	清洁生产审核程序	87
5.2.1	筹划和组织(审核准备)	89
5.2.2	预评估(预审核)	92
5.2.3	评估(审核)	99
5.2.4	实施方案的产生和筛选	107
5.2.5	实施方案的确定(可行性分析)	113
5.2.6	方案实施	117
5.2.7	持续清洁生产	121
5.3	某汽车公司清洁生产审核案例	124
5.3.1	某汽车公司基本概况	124
5.3.2	清洁生产审核程序及内容	124
	复习与思考	139
第6章	清洁生产指标体系及评价	140
6.1	清洁生产指标体系	140
6.1.1	指标及指标体系的定义	140
6.1.2	清洁生产指标体系的确定原则	141
6.2	我国清洁生产指标体系构架	142
6.2.1	宏观清洁生产指标体系	142
6.2.2	微观清洁生产指标体系	142
6.3	清洁生产评价的方法和程序	145
6.3.1	定量条件下的评价	145
6.3.2	定量与定性相结合条件下的评价	146
6.3.3	清洁生产评价程序	150
6.3.4	清洁生产评价报告书的编写要求	151
	复习与思考	151
第7章	循环经济概述	152
7.1	循环经济的产生与发展	152
7.1.1	循环经济的产生	152
7.1.2	循环经济的发展历程	153
7.1.3	发展循环经济的战略意义	154
7.2	循环经济的内涵和主要原则	155
7.2.1	循环经济的定义	155
7.2.2	循环经济的内涵	155
7.2.3	循环经济技术特征	157
7.2.4	循环经济的主要原则	157

7.3	循环经济的实施	159
7.3.1	实施循环经济的框架	159
7.3.2	实施循环经济的支持体系	162
7.4	循环经济在中国的发展	165
7.4.1	研究探索阶段	165
7.4.2	全面推动、实施阶段	165
	复习与思考	167
第8章	农业循环经济	168
8.1	农业循环经济概述	168
8.1.1	农业循环经济的内涵	168
8.1.2	农业循环经济原则	168
8.1.3	农业循环经济的循环层次	169
8.2	生态农业与农业循环经济	170
8.2.1	生态农业的概念和内涵	170
8.2.2	生态农业与农业循环经济一致性	170
8.2.3	生态农业的发展及其趋势	171
8.3	生态农业的主要类型及典型模式	173
8.3.1	生态农业的类型	174
8.3.2	典型的生态农业模式案例	175
8.4	生态农业园的规划与建设	187
8.4.1	生态农业园建设的思路	187
8.4.2	中国生态农业园规划和建设实例	188
8.5	中国生态农业发展战略与对策	190
8.5.1	中国生态农业发展的指导思想和基本原则	190
8.5.2	中国生态农业发展的战略目标和战略阶段	190
8.5.3	中国生态农业的发展对策和措施	191
8.5.4	中国生态农业建设面临的机遇和挑战	192
	复习与思考	194
第9章	工业循环经济	195
9.1	生态工业概述	195
9.1.1	生态工业的缘起	195
9.1.2	生态工业的概念和内涵	196
9.1.3	生态工业的层次	197
9.2	生态工业园区	201
9.2.1	生态工业园区的缘起及概念	201
9.2.2	生态工业园区的特征	202
9.2.3	生态工业园区的类型	202

9.3	生态工业园区规划与设计	203
9.3.1	生态工业园区规划设计原则	203
9.3.2	生态工业园区规划设计步骤	205
9.3.3	生态工业园区规划设计基本方法	206
9.3.4	生态工业园区规划设计内容	207
9.3.5	生态工业园区系统结构设计	209
9.4	生态工业园区评价指标体系	211
9.4.1	生态工业园区评价指标体系的设计原则	211
9.4.2	三类生态工业园区评价指标体系	212
9.5	国内外生态工业园区的发展	215
9.5.1	国外生态工业园区典型案例与发展	215
9.5.2	中国生态工业园区典型案例与发展	219
9.5.3	中国生态工业园区建设展望	223
	复习与思考	224
第 10 章	服务业循环经济	225
10.1	服务业及其功能和地位	225
10.1.1	服务业的范围和内容	225
10.1.2	服务业的主要功能	226
10.2	生态化的服务业取向	226
10.2.1	服务业与环境	226
10.2.2	服务业及其生态化	227
10.3	生态旅游	231
10.3.1	生态旅游的缘起	231
10.3.2	生态旅游的概念和内涵	231
10.3.3	生态旅游与循环经济	232
10.3.4	生态旅游的原则	233
10.3.5	国内外生态旅游的发展状况	233
10.4	循环物流	236
10.4.1	循环物流的缘起	236
10.4.2	循环物流的概念和内涵	236
10.4.3	循环物流的基本特征	238
10.4.4	循环物流的运行模式	240
10.4.5	国内外循环物流的研究及发展趋势	243
	复习与思考	247
第 11 章	循环型社会	248
11.1	循环型社会的内涵	248
11.1.1	循环型社会的概念	248

602	11.1.2 循环型社会的研究内容	249
602	11.1.3 循环型社会的特征	250
302	11.2 循环型社会建设	251
602	11.2.1 循环型经济社会的技术支撑体系	251
702	11.2.2 关于向循环型社会转变实施步骤的建议	251
602	11.2.3 建设资源节约型、环境友好型社会	252
112	11.3 循环型社会建设实践案例	253
312	11.3.1 循环经济省、市建设发展现状	253
212	11.3.2 辽宁省循环经济试点建设	254
612	复习与思考	259

参考文献	260
------	-----

环境问题、资源与能源

1.1 环境问题

环境问题通常是指由于人类活动使环境条件发生不利于人类的变化,以致影响人类的生产和生活,给人类带来危害的现象。

环境问题一般可分为两类:一是不合理开发利用自然资源,超出环境承载力,使生态环境质量恶化或自然资源枯竭的现象;二是人口激增、城市化和工农业高速发展引起的环境污染和破坏。总之,是人类经济社会发展与环境的关系不协调所引起的问题。

1.1.1 当今世界主要环境问题及其危害

当今世界所面临的主要环境问题是人口问题、资源问题、生态破坏问题和环境污染问题。它们之间相互关联、相互影响,成为当今世界环境保护所关注的主要问题。

1. 人口问题

人口的急剧增加可以认为是当前环境的首要问题。近百年来,世界人口的增长速度达到了人类历史上的最高峰,目前世界人口已达 70 亿!众所周知,人既是生产者,又是消费者。从生产者的人来说,任何生产都需要大量的自然资源来支持,如农业生产要有耕地、灌溉水源;工业生产要有能源、各类矿产资源、各类生物资源等。随着人口的增加,生产规模必然扩大,一方面所需要的资源要持续增大;另一方面在任何生产中都会有废物排出,而随着生产规模的扩大,资源的消耗和废物的排放量也会逐渐增大。

从消费者的人类来说,随着人口的增加、生活水平的提高,人类对土地的占用(如居住、生产食物)会越来越大,对各类资源如矿物能源、水资源等的利用也会急剧增加,当然排出的废物量也会随之增加,从而加重资源消耗和环境污染。我们都知道,地球上一切资源都是有限的,或是可恢复的资源如水,可再生的生物资源,也是有一定的再生速度,在每年中是有一定可供量的。而其中尤其是土地资源不仅总面积有限,人类难以改变,而且还是不可迁移的和不可重叠利用的。这样,有限的全球环境及其有限的资源,便将限定地球上的人口也必将是有限的。如果人口急剧增加,超过了地球环境的合理承载能力,则必造成资源短缺、环境污染和生态破坏。这些现象在地球上的某些地区已出现了,也正是人类要研究和改善的问题。

2. 资源问题

资源问题是当今人类发展所面临的另一个主要问题。众所周知,自然资源是人类生存发展不可缺少的物质依托和条件。然而,随着全球人口的增长和经济的发展,对资源的需求与日俱增,人类正受到某些资源短缺或耗竭的严重挑战。全球资源匮乏和危机主要表现在:土地资源在不断减少和退化,森林资源在不断缩小,淡水资源出现严重不足,某些矿产资源濒临枯竭,等等。

1) 土地资源在不断减少和退化

土地资源损失尤其是可耕地资源损失已成为全球性的问题,发展中国家尤为严重。目前,人类开发利用的耕地和牧场,由于各种原因正在不断减少或退化,而全球可供开发利用的后备资源已很少,许多地区已经近于枯竭。随着世界人口的快速增长,人均占有的土地资源在迅速下降,这对人类的生存构成了严重威胁。

据联合国人口机构预测,到2050年,世界人口可能达到94亿,全世界人口迅猛增加,使土地的人口“负荷系数”(某国家或地区人口平均密度与世界人口平均密度之比)每年增加2%,若按农用面积计算,其负荷系数则每年增加6%~7%,这意味着人口的增长将给本来就十分紧张的土地资源特别是耕地资源造成更大的压力。

2) 森林资源在不断缩小

森林是人类最宝贵的资源之一,它不仅能为人类提供大量的林木资源,具有重要的经济价值,而且它还具有调节气候、防风固沙、涵养水源、保持水土、净化大气、保护生物多样性、吸收二氧化碳、美化环境等重要的生态学价值。森林的生态学价值要远远大于其直接的经济价值。

由于人类对森林的生态学价值认识不足,受短期利益的驱动,对森林资源的利用过度,使世界的森林资源锐减,造成了许多生态灾害。

历史上世界森林植被变化最大的是在温带地区。自从大约8000年前开始大规模的农业开垦以来,温带落叶林已减少33%左右。但近几十年中,世界毁林集中发生在热带地区,热带森林正以前所未有的速率在减少。

3) 淡水资源出现严重不足

目前,世界上有43个国家和地区缺水,占全球陆地面积的60%。约有20亿人用水紧张,10亿人得不到良好的饮用水。此外,由于严重的水污染,更加剧了水资源的紧张程度。水资源短缺已成为许多国家经济发展的障碍,成为全世界普遍关注的问题。当前,水资源正面临着水资源短缺和用水量持续增长的双重矛盾。正如联合国早在1977年所发出的警告:“水不久将成为一项严重的社会危机,石油危机之后下一个危机是水。”

4) 某些矿产资源濒临枯竭

(1) 化石燃料濒临枯竭

化石燃料是指煤、石油和天然气等地下开采出来的能源。当代人类的社会文明主要是建立在化石能源的基础之上的。无论是工业、农业或生活,其繁荣都依附于化石能源。而由于人类高速发展的需要和无知的浪费,化石燃料逐渐走向枯竭,并反过来直接影响人类的文明生活。

(2) 矿产资源匮乏

与化石能源相似,人类不仅无计划地开采地下矿藏,而且在开采过程中浪费惊人,资源利用率很低,导致矿产资源储量不断减少甚至枯竭。

3. 生态破坏

全球性的生态破坏主要包括:植被破坏、水土流失、沙漠化、物种消失等。

(1) 植被是全球或某一地区内所有植物群落的泛称。植被破坏是生态破坏的最典型特征之一。植被的破坏(如森林和草原的破坏)不仅极大地影响了该地区的自然景观,而且由此带来了一系列的严重后果,如生态系统恶化、环境质量下降、水土流失、土地沙化以及自然灾害加剧,进而可能引起土壤荒漠化;土壤的荒漠化又加剧了水土流失,以致形成生态环境的恶性循环。

(2) 水土流失是当今世界上一个普遍存在的生态环境问题。据最新估计,最近几年全世界每年有700万~900万 hm^2 的农田因水土流失丧失生产能力,每年有大约几十亿吨流失的土壤在河流河床和水库中淤积。

(3) 土地沙漠化是指非沙漠地区出现的风沙活动、沙丘起伏为主要标志的沙漠景观的环境退化过程。目前全球土地沙漠化的趋势还在扩展,沙化、半沙化面积还在逐年增加。沙漠化的扩展使可利用土地面积缩小,土地产出减少,降低了养育人口的能力,成为影响全球生态环境的重大问题。

(4) 生物物种消失是全球普遍关注的重大生态环境问题。由于森林、湿地面积锐减和草原退化,使生物物种的栖息地遭到了严重的破坏,生物物种正以空前的速度在灭绝。

迄今已知,在过去的4个世纪中,人类活动已使全球700多个物种绝迹,包括100多种哺乳动物和160种鸟类,其中1/3是19世纪前消失的,1/3是19世纪灭绝的,另1/3是近50年来灭绝的,明显呈加速灭绝之势。

4. 环境污染

环境污染作为全球性的重要环境问题,主要指的是温室气体过量排放造成的气候变化、臭氧层破坏、广泛的大气污染和酸沉降、海洋污染等。

(1) 由于人类生产活动的规模空前扩大,向大气层排放了大量的微量组分(如 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、CFCs等),大气中的这些微量成分能使太阳的短波辐射透过,地面吸收了太阳的短波辐射后被加热,于是不断地向外发出长波辐射,又被大气中的这些组分所吸收,并以长波辐射的形式放射回地面,使地面的辐射不至于大量损失到太空中去。因为这种作用与暖房玻璃的作用非常相似,因此称其为温室效应。这些能使地球大气增温的微量组分称为温室气体。温室气体的增加可导致气候变暖。研究表明, CO_2 浓度每增加1倍,全球平均气温将上升 $(3\pm 1.5^\circ\text{C})$ 。气候变暖会影响陆地生态系统中动植物的生理和区域的生物多样性,使农业生产能力下降。干旱和炎热的天气会导致森林火灾的不断发生和沙漠化过程的加强。气候变暖还会使冰川融化,海平面上升,大量沿海城市、低地和海岛将被水淹没,洪水不断。气候变暖会加大疾病的发病率和死亡率。

(2) 处于大气平流层中的臭氧层是地球的一个保护层,它能阻止过量的紫外线到达地球表面,以保护地球生命免遭过量紫外线的伤害。然而,自1958年以来,发现高空臭氧有减

少趋势,20世纪70年代以来,这种趋势更为明显。1985年英国科学家 Farman 等人在南极上空首次观察到臭氧浓度减少超过30%的现象,并称其为“臭氧空洞”。造成臭氧层破坏的主要原因,是人类向大气中排放的氯氟烷烃化合物(氟利昂 CFCs)、溴氟烷烃化合物(哈龙 CFCB)及氧化亚氮(N_2O)、四氯化碳(CCl_4)、甲烷(CH_4)等能与臭氧(O_3)起化学反应,以致消耗臭氧层中臭氧的含量。研究表明,平流层臭氧浓度减少1%,地球表面的紫外线强度将增加2%,紫外线辐射量的增加会使海洋浮游生物和虾蟹、贝类大量死亡,造成某些生物绝迹;还会使农作物小麦、水稻减产;使人类皮肤癌发病率增加3%~5%,白内障发病率将增加1.6%,这将对人类和生物产生严重危害。有学者认为平流层中 O_3 含量减至1/5时,将成为地球存亡的临界点。

(3) 在地球演化过程中,大气的主要化学成分 O_2 、 CO_2 在环境化学过程中起着支配作用,其中 CO_2 的分压在一定的大气压下与自然状态下的水的 pH 有关。由于与 $10^5 Pa$ 下的二氧化碳分压相平衡的自然水系统 pH 为 5.6,故 $pH < 5.6$ 的沉降才能认为是酸沉降。因此,大气酸沉降是指 $pH < 5.6$ 的大气化学物质通过降水、扩散和重力作用等过程降落到地面的现象或过程。通过降水过程表现的大气酸沉降称为湿沉降,它最常见的形式是酸雨。通过气体扩散、固体物降落的大气酸沉降称为干沉降。

酸雨或酸沉降导致的环境酸化是目前全世界最大的环境污染问题之一。伴随着人口的快速增长和迅速的工业化,酸雨和环境酸化问题一直呈发展趋势,影响地域逐渐扩大,由局地问题发展成为跨国问题,由工业化国家扩大到发展中国家。目前,世界酸雨主要集中在欧洲、北美和中国西南部三个地区。形成酸雨的原因主要是由人类排入大气中的 NO_x 和 SO_x 的影响所致。

可以说,哪里有酸雨,哪里就有危害。酸雨是空中死神、空中杀手、空中化学定时炸弹。酸雨对环境和人类的危害是多方面的。如酸雨可引起江、河、湖、水库等水体酸化,影响水生动植物的生长,当湖水 pH 降到 5.0 以下时,湖泊将成为无生命的死湖;酸雨可使土壤酸化,有害金属(Al、Cd)溶出,使植物体内有害物质含量增高,对人体健康构成危害,尤其是植物叶面首当其冲,受害最为严重,直接危害农业和森林草原生态系统,如瑞典每年因酸雨损失的木材达 450 万 m^3 ;酸雨可使铁路、桥梁等建筑物的金属表面受到腐蚀,降低使用寿命。酸雨会加速建筑物的石料及金属材料的风化、腐蚀,使主要成分为 $CaCO_3$ 的纪念碑、石刻壁雕、塑像等文化古迹受到腐蚀和破坏;酸化的饮用水对人的健康危害更大、更直接。

(4) 海洋污染是目前海洋环境面临的最重大问题。目前局部海域的石油污染、赤潮、海面漂浮垃圾等现象非常严重,并有扩展到全球海洋的趋势。据估计,输入海洋的污染物,有40%是通过河流输入的,30%是由空气输入的,海运和海上倾倒各占10%左右。人类每年向海洋倾倒600万~1000万t石油、1万t汞、100万t有机氯农药和大量的氮、磷等营养物质。

海洋石油污染不仅影响海洋生物的生长、降低海滨环境的使用价值、破坏海岸设施,还可能影响局部地区的水文气象条件和降低海洋的自净能力。据实测,每滴石油在水面上能够形成 $0.25m^2$ 的油膜,每吨石油可能覆盖 $5 \times 10^6 m^2$ 的水面。油膜使大气与水面隔绝,减少进入海水的氧的数量,从而降低海洋的自净能力。油膜覆盖海面还会阻碍海水的蒸发,影响大气和海洋的热交换,改变海面的反射率,减少进入海洋表层的日光辐射,对局部地区的水文气象条件可能产生一定的影响。海洋石油污染的最大危害是对海洋生物的影响,油膜

和油块能粘住大量鱼卵和幼鱼,使鱼卵死亡、幼鱼畸形,还会使鱼虾类产生石油臭味,使水产品品质下降,造成经济损失。

由氮、磷等营养物聚集在浅海或半封闭的海域中,可促使浮游生物过量繁殖,发生赤潮现象。我国自1980年以后发生赤潮达30多起,1999年7月13日,辽东湾海域发生了有史以来最大的一次赤潮,面积达6300km²。

赤潮的危害主要表现在:赤潮生物可分泌粘液,粘附在鱼类等海洋动物的鱼鳃上,妨碍其呼吸导致鱼类窒息死亡;赤潮生物可分泌毒素,使生物中毒或通过食物链引起人类中毒;赤潮生物死亡后,其残骸被需氧微生物分解,消耗水中溶解氧,造成缺氧环境,厌氧气体(NH₃、H₂S、CH₄)的形成,引起鱼、虾、贝类死亡;赤潮生物吸收阳光,遮盖海面(几十厘米),使水下生物得不到阳光而影响其生存和繁殖;引起海洋生态系统结构变化,造成食物链局部中断,破坏海洋的正常生产过程。

海水中的重金属、石油、有毒有机物不仅危害海洋生物,并能通过食物链危害人体健康,破坏海洋旅游资源。

1.1.2 我国当前资源环境形势

1. 资源问题

我国资源总量并不缺乏,但由于我国人口众多,人均资源占有量严重不足。例如我国水资源总量占世界水资源总量的7%,居世界第六位。但年人均占有量仅为2300m³,相当于世界人均占有量的1/4,位居世界第110位,已经被联合国列为13个贫水国家之一。我国土地总面积居世界第三位,但按人口平均的占有量来说,约为全世界人均占有量的1/3,不足1公顷(hm²)。我国矿产资源总量居世界第二位,而人均占有量只有世界平均水平的58%,居世界第53位,个别矿种甚至居世界百位之后。

根据近年公布的数据,中国石油储量仅占世界的2.3%、天然气占1%、铁矿石不足9%、铜矿不足5%、铝土矿不足2%。从20世纪80年代开始,中国用短短20多年的时间走完了发达国家上百年的历程,1990—2001年,10种主要工业用有色金属消耗增长率达276%。2003年中国工业消耗的主要资源对外依存度纷纷创了新高,铁矿石达36.2%、氧化铝达47.5%、天然橡胶达68.2%。未来我国仍将处于工业化和城镇化加快发展的阶段,资源消耗强度将进一步增大。预计到2020年,我国可以保证需求的矿产资源将只有9种,铁、锰、铜、铝、钾等关系国家经济安全的矿产资源将严重短缺,我国将短缺30亿t铁、5万~6万t铜、1亿t铝,需进口石油5亿t、天然气1000亿m³,分别占中国消费量的70%和50%,也就是说我国石油和天然气的对外依存度将分别达到70%和50%。

尽管中国资源短缺,但在资源开采和利用中仍存在很多问题,如矿产资源浪费严重。中国矿产资源总回采率为30%~50%,比世界平均水平低10%~20%;黑色金属矿产资源利用率约36%,有色金属资源利用率为25%,矿产资源的总利用率不足50%,比发达国家低20个百分点左右。

工业生产的资源利用率也很低。2003年,据有关方面统计,与世界先进国家水平相比,我国单位产出的能耗和资源消耗水平明显偏高。从主要产品的单位能耗来看,火电供电耗煤比国际先进水平高22.5%,大中型钢铁企业吨钢可比能耗高21%,水泥综合能耗高

45%,乙烯能耗高31%。工业万元产值用水量是国外先进水平的10倍,单位国民生产总值所消耗的矿物原料是发达国家的2~4倍。

2. 环境污染

据2010年中国环境状况公报,全国废水排放总量为617.3亿t,化学需氧量排放量为1238.1万t;氨氮排放量为120.3万t。废气中主要污染物二氧化硫排放量为2185.1万t,烟尘排放量为829.1万t,工业粉尘排放量为448.7万t。

2010年,我国地表水污染依然较重,长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河和辽河七大水系总体为轻度污染。在204条河流409个地表水国控监测断面中,I~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为59.9%、23.7%、16.4%。主要污染指标为高锰酸盐指数、五日生化需氧量和氨氮。其中,长江、珠江水质良好,松花江、淮河为轻度污染,黄河、辽河为中度污染,淮河为重度污染。

湖泊(水库)富营养化问题突出。在26个国控重点湖泊(水库)中,满足Ⅱ类水质的1个,占3.8%;满足Ⅲ类水质的5个,占19.2%;满足Ⅳ类水质的4个,占15.4%;满足Ⅴ类水质的6个,占23.1%;劣Ⅴ类水质的10个,占38.5%。主要污染指标为总氮和总磷。在26个国控重点湖泊(水库)中,营养状态为重度富营养的1个,占3.8%;营养状态为中度富营养的2个,占7.7%;营养状态为轻度富营养的11个,占42.3%;其他均为中营养,占46.2%。

地下水环境质量也很差。2010年,对全国182个城市开展了4110个点位的监测工作,分析结果表明,水质为优良级的监测点位418个,占全部监测点位的10.2%;水质为良好级的监测点位1135个,占全部监测点位的27.6%;水质为较好级的监测点位206个,占全部监测点位的5.0%;水质为较差级的监测点位1662个,占全部监测点位的40.4%;水质为极差级的监测点位689个,占全部监测点位的16.8%。

全国近岸海域水质总体为轻度污染。2010年,近岸海域监测面积共279225km²;其中一、二类海水面积177825km²;三类海水面积44614km²;四类、劣四类海水面积56786km²。按照监测点位计算,一、二类海水占62.7%;三类海水占14.1%;四类、劣四类海水占23.2%。四大海区近岸海域中,南海和黄海水质良好,渤海水质差,东海水质极差。

全国城市空气质量总体良好,但部分城市污染仍较重。2010年,全国471个县级以上城市开展的环境空气质量监测结果表明:3.6%的城市环境空气质量达到一级标准,79.2%的城市环境空气质量达到二级标准,15.5%的城市环境空气质量达到三级标准,1.7%的城市环境空气质量劣于三级标准。

监测的94个市(县)中,出现酸雨的市(县)249个,占50.4%;酸雨发生频率在25%以上的市(县)160个,占32.4%;酸雨发生频率在75%以上的市(县)54个,占11.0%。发生酸雨(降水pH年均值<5.6)的城市达35.6%,发生较重酸雨(降水pH年均值<5.0)的城市达21.6%,发生极重酸雨(降水pH年均值<4.5)的城市达8.5%。

全国酸雨分布区域主要集中在长江沿线及以南—青藏高原以东地区。主要包括浙江、江西、湖南、福建的大部分地区,长江三角洲、安徽南部、湖北西部、重庆南部、四川东南部、贵州东北部、广西东北部和广东中部地区。

随着我国汽车保有量的增加,城市空气污染出现了新的变化,NO₂成分增加。