

HUANJING HUAXUE DAOLUN

环境化学 导论

张瑾 戴猷元 编



化学工业出版社

环境化学导论

环境化学 导论

张瑾 戴猷元 编



化学工业出版社

· 北京 ·

发行所 营销中心

环境化学是研究化学物质,特别是化学污染物在环境中的各种存在形态及特性、迁移转化规律、污染物对生态环境和人类影响的科学。它是环境科学研究和环境科学教育的基础内容之一。本书包括绪论、大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学、固体废物处置及电子废弃物资源化、污染物的生物效应等六章内容,比较系统地阐述了化学污染物在大气、水体、土壤环境中的来源、存在形态、迁移转化规律、典型的环境污染及防治措施,同时,添加了电子废弃物处理及资源化等内容,简要叙述了有毒污染物的生物效应等环境毒理学知识。本书可以作为高等院校非环境专业学生的教科书,也可供从事环境化学及环境工程研究的工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境化学导论/张瑾,戴猷元编. —北京:化学工业出版社, 2008.1

ISBN 978-7-122-01964-6

I. 环… II. ①张…②戴… III. 环境化学-概论 IV. X13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 007540 号

责任编辑:陈丽 刘砚哲

装帧设计:史利平

责任校对:李林

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张16 字数317千字 2008年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:30.00 元

版权所有 违者必究

前 言

环境化学是研究化学物质，特别是化学污染物在环境中的各种存在形态及特性、迁移转化规律、污染物对生态环境和人类影响的科学。它是环境科学研究和环境科学教育的基础内容之一。

环境意识是现代社会每个成员都必须具有的科学意识和社会意识，环境教育已成为科学教育的重要组成部分。作为导论性的高等院校教材，本书包括绪论、大气环境化学、水环境化学、土壤环境化学、固体废物处置及电子废弃物资源化、污染物的生物效应六章内容，比较系统地阐述了化学污染物在大气、水体、土壤环境中的来源、存在形态、迁移转化规律、典型的环境污染及防治措施，同时，简要叙述了有毒污染物的生物效应等环境毒理学知识。其中，水环境化学、大气环境化学和土壤环境化学三章，内容翔实，重点突出，尽可能从理论上阐述机理，又具有实用性。结合电类专业学生的需求情况，增加了电子废弃物处理及资源化等内容。在《环境化学导论》编写的指导思想，力求符合我国环境科学教育及非环境专业的高等院校学生的教学要求，坚持理论与实践的结合，注重教科书的特点和教学对象需求的统一。《环境化学导论》一书可以作为高等院校非环境专业学生的教科书，也可供从事环境化学及环境工程研究的工作人员参考。

作者从事环境化学的教学工作近 20 年，对非环境专业的高等院校学生进行环境科学知识教育，积累了一定的教学经验，编写了这本《环境化学导论》教科书。我的导师、清华大学戴猷元教授热诚指导、参与编写，并最终审定全书。另外，书中还参考了一些专著中的论述和文献中的成果及资料，对于他们的工作成果，作者在此表示衷心感谢。

近年来，环境化学学科取得了长足的发展。环境化学的原理不断完善，新的观点和新的研究成果也不断出现。由于作者自身的学术水平和教学实践的限制，书中难免有不全面乃至疏漏之处，希望专家、同行和广大读者指正。

张 瑾

2007 年 11 月于北京邮电大学

目 录

第1章 绪论	1
1.1 人类活动与环境问题	1
1.1.1 环境	1
1.1.2 生态系统及生态失调	3
1.1.3 人类活动和环境问题	6
1.2 环境污染和环境污染物	7
1.2.1 环境污染	7
1.2.2 环境污染物	10
1.2.3 环境优先污染物	11
1.3 环境科学和环境化学	12
1.3.1 环境科学	12
1.3.2 环境化学	13
1.3.3 环境化学的研究内容和研究方法	14
习题	15
第2章 大气环境化学	16
2.1 大气组成及大气层的结构	16
2.1.1 大气的组成	16
2.1.2 大气层的结构	17
2.1.3 大气稳定度	19
2.2 大气污染和大气污染物	20
2.2.1 大气污染	20
2.2.2 大气污染物组成分类	21
2.2.3 大气污染物浓度表示方法	22
2.3 大气中重要的光化学反应	22
2.3.1 光化学基本定律	22
2.3.2 光化学反应的初级过程和次级过程	23
2.3.3 大气中重要的光化学反应	24
2.4 大气中重要自由基的来源及转化	26

2.4.1	自由基的特点	27
2.4.2	大气中 $\text{HO}\cdot$ 自由基	27
2.4.3	大气中 $\text{HO}_2\cdot$ 自由基	28
2.4.4	大气中 $\text{R}\cdot$ 、 $\text{RO}\cdot$ 、 $\text{RO}_2\cdot$ 等自由基	28
2.5	大气污染物的转化	29
2.5.1	大气中硫氧化合物的转化	29
2.5.2	大气中氮氧化合物的转化	32
2.5.3	大气中烃类化合物的转化	34
2.6	光化学烟雾及其环境影响	36
2.6.1	光化学烟雾的形成	37
2.6.2	光化学烟雾的危害	38
2.6.3	光化学烟雾的防治对策	39
2.7	酸沉降及其环境影响	40
2.7.1	湿沉降和干沉降	40
2.7.2	降水的化学组成	41
2.7.3	降水的 pH 值	42
2.7.4	降水的酸化过程	43
2.7.5	酸雨的危害及控制对策	45
2.8	大气颗粒物及其环境影响	46
2.8.1	大气颗粒物的分类	46
2.8.2	大气颗粒物的粒径和粒径分布	46
2.8.3	大气颗粒物的来源、形成机理及清除途径	47
2.8.4	大气颗粒物的化学组成	49
2.8.5	大气颗粒物的环境影响及控制对策	51
2.9	平流层臭氧破坏及其环境影响	53
2.9.1	平流层臭氧的形成和破坏	53
2.9.2	臭氧层耗损物质及其替代物	54
2.9.3	南极“臭氧洞”及臭氧损耗的危害	57
2.9.4	保护臭氧层国际公约	59
2.10	温室效应	60
2.10.1	温室效应	60
2.10.2	温室气体	60
2.10.3	全球变暖的影响及其控制对策	62
2.11	室内空气污染及控制	64
2.11.1	室内空气污染	64
2.11.2	室内气态污染物	65

2.11.3 室内颗粒污染物	67
2.11.4 室内放射性污染物	67
2.11.5 室内环境的健康性及室内空气质量控制	70
2.11.6 健康住宅与绿色建筑	72
习题	73

第3章 水环境化学

3.1 天然水体的组成和性质	74
3.1.1 水分子的结构及物理化学性质	74
3.1.2 天然水的存在形式	76
3.1.3 天然水的组成	77
3.1.4 天然水的水质指标	80
3.2 水体中的酸-碱化学平衡	82
3.2.1 酸碱平衡	83
3.2.2 碳酸平衡	83
3.2.3 水的碱度	88
3.2.4 水的酸度	89
3.2.5 天然水体的缓冲能力	89
3.3 水体中的氧化-还原平衡	91
3.3.1 能斯特方程和电子活度表达式	91
3.3.2 水的 pE - pH 图	94
3.3.3 金属化合物形态及体系的 pE - pH 图	95
3.3.4 决定电势	98
3.3.5 水体的 pH 值及 pE 值对重金属存在形态及迁移转化的影响	99
3.4 水体中的配合-解离平衡	100
3.4.1 水中的配合物稳定性	100
3.4.2 水体中无机配位体对重金属的配合作用	101
3.4.3 水体中有机配位体对重金属的配合作用	102
3.5 水体中的相间平衡	103
3.5.1 气体在水中的溶解与挥发	104
3.5.2 固体在水中的溶解与沉淀	104
3.5.3 水体中固体表面的吸附与解吸	106
3.5.4 水体中胶体微粒的聚沉作用	107
3.5.5 水体中有机物质的分配作用	108
3.6 水体污染及水体污染物	109
3.6.1 水体污染	109
3.6.2 水体污染源	109

3.6.3	水体污染物	110
3.6.4	水体的自净作用	113
3.6.5	水体的环境容量	115
3.6.6	水体中污染物的迁移转化途径	116
3.7	水体中重金属污染物的迁移转化	117
3.7.1	水体中重金属污染物的特性	117
3.7.2	汞污染物在水体中的迁移转化	118
3.7.3	镉污染物在水体中的迁移转化	121
3.7.4	铅污染物在水体中的迁移转化	124
3.7.5	铬污染物在水体中的迁移转化	126
3.7.6	砷污染物在水体中的迁移转化	128
3.8	水体中有机污染物的迁移转化	130
3.8.1	水体中有机物的主要指标	130
3.8.2	有机污染物在水体中迁移转化的主要途径	133
3.8.3	水体中几种主要有机污染物的迁移转化	142
3.9	水体的富营养化	149
3.9.1	水体富营养化问题	149
3.9.2	水体的富营养化类型及程度判别	150
3.9.3	水体富营养化的污染主体和营养物质	151
3.9.4	水体富营养化的危害	153
3.9.5	水体富营养化的防治	154
3.10	水体污染的治理	155
3.10.1	概述	155
3.10.2	污水处理程度的分类	157
3.10.3	污水处理的基本方法	158
	习题	162
第4章	土壤环境化学	164
4.1	土壤的形成和基本环境机能	164
4.1.1	土壤的形成	164
4.1.2	土壤的剖面形态	165
4.1.3	土壤的基本环境机能	166
4.2	土壤的组成	166
4.2.1	土壤矿物质	167
4.2.2	土壤有机质	168
4.2.3	土壤生物	169
4.2.4	土壤水分和土壤溶液	170

4.2.5 土壤气体	170
4.3 土壤的基本性质	171
4.3.1 土壤的吸附特性	171
4.3.2 土壤的酸碱性	173
4.3.3 土壤的氧化还原性	175
4.3.4 土壤的配合作用	176
4.4 土壤环境的污染	176
4.4.1 土壤环境背景值	176
4.4.2 土壤环境容量	177
4.4.3 土壤的自净作用	178
4.4.4 土壤环境污染	178
4.4.5 土壤污染源	179
4.4.6 土壤的主要污染物	179
4.5 重金属在土壤中的迁移转化	180
4.5.1 重金属在土壤中的存在形态	181
4.5.2 重金属在土壤中的迁移转化途径	181
4.5.3 汞污染物在土壤中的迁移转化	185
4.5.4 镉污染物在土壤中的迁移转化	186
4.5.5 铅污染物在土壤中的迁移转化	187
4.5.6 铬污染物在土壤中的迁移转化	188
4.5.7 砷污染物在土壤中的迁移转化	189
4.6 化学农药在土壤中的迁移转化	190
4.6.1 土壤中的化学农药	190
4.6.2 化学农药在土壤中的吸附	191
4.6.3 化学农药在土壤中的迁移	193
4.6.4 化学农药在土壤中的降解	193
4.6.5 化学农药在土壤中的残留及危害	196
4.7 化学肥料在土壤中的迁移转化	197
4.7.1 化学肥料在土壤中的行为	197
4.7.2 氮肥在土壤中的迁移转化	197
4.7.3 磷肥在土壤中的迁移转化	199
4.8 其他污染物在土壤中的迁移转化	200
4.8.1 酚在土壤中的迁移转化	200
4.8.2 氟在土壤中的迁移转化	201
4.9 土壤污染的防治	202
4.9.1 控制和消除土壤污染源	202
4.9.2 提高土壤环境容量及自净能力	203

4.9.3 实施治理土壤污染的有效措施	203
习题	205
第5章 固体废物处置及电子废弃物资源化	206
5.1 固体废物的分类及来源	206
5.2 固体废物的特点及危害	207
5.2.1 固体废物的特点	207
5.2.2 固体废物的污染途径及危害	207
5.3 固体废物的处理、处置和管理	208
5.3.1 固体废物的处理	208
5.3.2 固体废物的处置	210
5.3.3 固体废物的管理	211
5.4 电子废弃物的分类及来源	212
5.5 电子废弃物的特点及危害	213
5.5.1 电子废弃物的特点	213
5.5.2 电子废弃物的危害	216
5.6 电子废弃物的资源化	217
5.6.1 电子废弃物的机械处理方法	218
5.6.2 电子废弃物的其他处理方法	220
5.7 电子废弃物资源化的对策	221
5.7.1 完善电子废弃物处理的法律法规体系	221
5.7.2 坚持生产者责任延伸制度	222
5.7.3 实施电子废弃物回收处理许可证制度	223
5.7.4 实现循环利用产业的专业化	223
5.7.5 研究开发先进的工艺技术	223
习题	224
第6章 环境污染的生物效应	225
6.1 污染物的跨膜转运	225
6.2 生物机体对环境污染物的吸收	226
6.2.1 植物对污染物的吸收	226
6.2.2 动物和人类对污染物的吸收	227
6.3 环境污染物在生物体内的分布	228
6.3.1 环境污染物在植物体内的分布	228
6.3.2 环境污染物在动物体和人体内的分布	229
6.4 环境污染物从生物体内的排泄	230
6.5 环境污染物的生物富集、放大和积累	231

6.5.1 生物富集	232
6.5.2 生物放大	232
6.5.3 生物积累	233
6.6 环境污染物的生物转化	234
6.6.1 污染物代谢反应的两类型	234
6.6.2 污染物对酶功能的干扰	235
6.7 环境污染物质的毒性	237
6.7.1 毒物和毒性	237
6.7.2 剂量	237
6.7.3 效应和响应	238
6.7.4 剂量-效应(响应)关系曲线	239
6.7.5 毒性分级	240
6.7.6 毒物的联合作用	240
6.8 毒物的三致作用	241
6.8.1 毒物的致突变作用	241
6.8.2 毒物的致癌作用	242
6.8.3 毒物的致畸作用	244
习题	244
主要参考文献	245

第 1 章 绪论

1.1 人类活动与环境问题

1.1.1 环境

环境是指围绕着人群的、可以直接或间接影响人类生活和发展的各种自然因素和社会因素的总和。人类的环境可以分为社会环境和自然环境两大类。社会环境是指人们生活的社会经济制度和上层建筑的环境条件。自然环境是指人们赖以生存和发展的必要的物质条件,是人类周围的各种自然因素的总和,包括大气、水、土壤、生物等自然因素。

在环境科学中,人或人类作为主体,其他的生命物体和非生命物质都视为环境要素。所谓环境,就是人类为主体的自然环境或外部世界。

自然环境按其范围大小可分为区域环境和全球环境。通常,人们把全球环境形象地描述为大气圈、水圈、岩石圈(土圈)和生物圈四个圈层,亦称作大气环境、水环境、土壤环境和生物环境,这些环境的诸要素之间互相影响、互相制约,处于动态平衡状态。

(1) 大气圈

地球外圈是一层空气,这层空气称为大气圈(atmosphere)。作为地球表面与外层空间之间的一层空气“中介”,由于它大量吸收太阳紫外线辐射的性质及温室效应,使地球变得适宜于生物的生存。

根据大气的温度、成分和其他物理性质,可以将大气圈分为五个层次,即对流层、平流层、中间层、热层和逸散层。大气圈的厚度没有严格的界限,但是,大气质量中的 99%集中在离地表面 29km 的高度之内。

大气圈中绝大多数元素以气态原子或单质分子形式存在,也有部分元素以化合物存在。大气圈的主要成分是氮气和氧气,氮、氧、氩、二氧化碳占大气总量的 99.99%,一系列微量组分(主要是稀有气体和氢气)也是大气的恒定组分。除恒定组分外,大气中也存在大量临时性的异常组分,它们来自火山活动和生物圈的生命活动,近代则主要来自人类的生产活动和生活活动。大部分高浓度的大气异常组分对环境产生不利影响,属于大气污染物。

(2) 水圈

水圈 (hydrosphere) 是指地球上被水和冰雪占有或覆盖而形成的圈层。地球上的水以气态、液态和固态三种形式存在于空中、地表、地下及生物体内。海洋、湖泊、河流、沼泽的水体和地下水构成地壳的水圈。地球上的水循环,把特征不同的水体联系起来形成水圈,并与大气圈、岩石圈、生物圈进行各种形式的水交换。

水圈的总质量约为 $1.36 \times 10^{18} \text{t}$,占地壳总量的 7%,为地球总量的 0.2%。海水是水圈中最重要的组成部分,约占水圈总量的 97.21%,大陆水仅占水圈的不到 3%,且其中大部分储存在南北两极和山峰的冰雪中,流动的淡水仅占 0.009%。

天然水的化学组成表现出自然界中物质的复杂性。天然水中含有可溶性气体、可溶性盐类及各类有机物,这些组分的种类及其不同的性质和含量使天然水的组分和性质有很大差别。

(3) 岩石圈

地球大致可以分为地壳 (earth crust)、地幔 (earth mantle) 和地核 (earth nucleus) 三个同心圈层。地壳是指从地表以下几公里到 30~40km 的一层,称为岩石圈 (lithosphere)。岩石圈的厚度很不均匀,大陆所在地的地壳比较厚,尤其是山脉下的地壳更厚,而海洋所在地的地壳比较薄,最薄的地壳厚度不足 10km。

地球形成过程中,炽热温度使地球上的物质均呈液态,大部分未氧化的单质铁(混有一些其他金属)逐渐沉入地球中心,形成铁核心。呈液态的熔融盐原生盐(硅酸盐和硅铝酸盐)漂浮在铁核心上面阻止铁核心的进一步氧化,熔融盐逐渐冷却后,形成地壳。地表岩石经风吹、日晒和雨淋,逐步风化分解成为母质,经过化学和生物的共同作用,形成了土壤层。

岩石圈贮藏着丰富的资源,是生物所需要的各种元素和化合物的源泉。岩石圈的元素以氧、硅为主(见表 1-1),还包括除稀有气体外的所有元素,大多数化学元素(如 V、VI 组共 39 个)平均含量 $0.0001\% \sim 0.01\%$ 。通常,把元素在地壳中的含量称为丰度 (abundance),它表示地壳中各元素的相对平均含量,称为元素的“克拉克值”,用 g/t 表示。

表 1-1 岩石圈中化学元素的分布

组别	元素数目	元 素	平均含量(质量分数)/%
I	2	O, Si	>10
II	6	Al, Fe, Ca, Mg, Na, K	$10^0 \sim 10^1$
III	4	Ti, P, H, C	$10^{-1} \sim 10^0$
IV	9	Mn, S, F, Ba, Sr, V, Cr, Zr, Cl	$10^{-2} \sim 10^{-1}$
V	14	Ni, Rb, Zn, Cu, Co, Ce, Y, La, Nd, Sc, N, Li, Ga, Nb	$10^{-3} \sim 10^{-2}$
VI	25	Pb, B, Th, Sm, Gd, Pr, Dy, Er, Yb, Hf, Br, Cs, Sn, As, Be, Ar, U, Ge, Mo, Ho, He, Eu, Tb, W, Ta	$10^{-4} \sim 10^{-3}$
VII	8	Lu, Ti, I, In, Tm, Sb, Cd, Se	$10^{-5} \sim 10^{-4}$
VIII	5	Ag, Hg, Bi, Ne, Pt	$10^{-6} \sim 10^{-5}$
IX	4	Pd, Te, Au, Os	$10^{-7} \sim 10^{-6}$
X	3	Re, Ir, Kr	$10^{-8} \sim 10^{-7}$
XI	1	Xe	$10^{-9} \sim 10^{-8}$
XII	1	Ra	$10^{-10} \sim 10^{-9}$

引自: [苏] 别乌斯著. 环境地球化学. 朱颜明等译. 北京: 科学出版社, 1982.

(4) 生物圈

生物圈(biosphere)是指地球上所有生命活动的区域及其环境的整体总和,是生活在大气圈、岩石圈、水圈中的生物活动的地方。生物圈从地球表面起,上至平流层,下到十多千米的地壳内,形成一个有生物存在的包层。实际上,绝大多数生物生活在陆地之上和海洋表面以下约 100m 的范围内。生物圈是一个复杂的开放系统,是生命物质与非生命物质的自我调节系统,是生物界与大气圈、岩石圈和水圈三大圈层长期相互作用的结果。

生物圈存在的基本条件在于阳光、水、适宜的温度和营养成分,即能够得到足够的能量(阳光),以供生命活动的需要;存在可利用的液态水,没有水就没有生命;要有适合生存的温度条件;能提供生命物质所需的各种营养元素,包括氧、氮、碳、钾、钠、钙、铁等。

生物圈的最显著特征是它的整体性,即任何一个地方的生命现象都不是孤立的,都跟生物圈的其余部分存在着历史的和现实的联系。

总之,全球环境包括大气圈、水圈、岩石圈(土圈)和生物圈四个圈层,地球中各圈层的主要组成及质量见表 1-2。

表 1-2 地球中各圈层的主要组成及质量

范围	组成	质量/ 10^{21} t	质量分数/%	厚度/km	容积/ 10^{22} km ³
地球	—	5976000	100	6371	108300
地核	铁镍合金	1876000	31.5	3471	17500
地幔	硅质材料、铁和锰的硅化物	4056000	67.8	2870	89200
岩石圈	沉积岩、变质岩	43000	0.7	30(平均)	1500
水圈	海洋、河流、湖泊、冰川、地下水等	1410	0.024	3.8(平均)	137
大气圈	氮、氧、二氧化碳、水蒸气、稀有气体	5	0.00009	15(平均)	
生物圈	动物、植物、微生物	0.0016	0.00000003	2(平均)	

1.1.2 生态系统及生态失调

生态系统是由生产者、消费者、分解者组成的生物群落和非生物环境构成的大系统。生态系统中的三类生命角色,即生产者、消费者和分解者,分别由不同种类的生物充当。

生产者吸收太阳能并利用无机营养元素(如 C、H、O、N 等)合成有机物,将吸收的一部分太阳能以化学能的形式储存在有机物中。生产者的主体是绿色植物以及一些能够进行光合作用的菌类。由于这些生物能够直接吸收太阳能和利用无机营养成分合成构成自身有机体的各种有机物,故称它们为“自养生物”。

消费者是不能直接利用太阳能和无机态营养元素合成构建自身所需的有机物的生物。消费者只能直接或间接地利用生产者所制造的有机物作为食物和能源。消费者以动物为主,包括草食动物、肉食动物、寄生生物和腐食动物。消费者按其取食的对象可以分为几个等级,草食动物为一级消费者,肉食动物为次级消费者(二级

消费者或三级消费者)等等。杂食动物既是一级消费者,又是次级消费者。

分解者是指能够把有机物分解为简单无机物的所有生物,它们包括各种细菌和部分真菌。分解者以动植物的残体或排泄物中的有机物作为食物和能量来源,通过它们的新陈代谢作用,将其分解为无机物,最终还原为生产者可以利用的营养物。

由于消费者和分解者都不能直接利用太阳能和物理环境中的无机营养元素,故将消费者和分解者称为“异养生物”。

值得特别指出的是,物理环境(太阳能、水、空气、无机营养元素)、生产者和分解者是生态系统缺一不可的组成部分,而消费者则是可有可无的。

生态系统的显著特征之一是生产能力。生产者 of 地球上一切的异养生物提供营养物质,它们是全球生物资源的营造者。而异养生物对初级生产的物质进行取食加工和再生产而形成次级生产。初级生产和次级生产为人类提供几乎全部的食品和工农业生产的原料。

在生态系统中,物质从物理环境开始,经生产者、消费者和分解者,又回到物理环境,完成一个由简单无机物到各种高级有机化合物,最终又还原为简单无机物的生态循环。在这个过程中,物质循环、能量流动,物质是能量的运载工具,又是有机体维持生命活动的结构基础。

推动生态系统物质循环的动力,是能量流动。与物质循环不同的是,能量流动是单向的,且在能量流动过程中需要一部分能量用来推动有机体自身的生命活动(新陈代谢),随后变为热能耗散在物理环境中。

在生态系统中,能量的形式不断转换,如太阳辐射能,通过绿色植物的光合作用转变为存在于有机物质化学键中的化学潜能;动物通过消耗自身体内储存的化学潜能变成爬、跳、飞、游的机械能。能量转换和传递只能按严格的当量比例由一种形式转变为另一种形式。能量既不能创生,也不会消灭。

能量在生态系统中的流动是单一方向的。能量以光能的状态进入生态系统后,就不能再以光的形式存在,而是以热的形式不断地逸散于环境中。能量在生态系统中的流动,大部分被各个营养级的生物利用,通过呼吸作用以热的形式散失。

能量在生态系统中的流动是沿着生产者和各级消费者的顺序逐级减少的。从太阳辐射能到被生产者吸收固定,再经植食动物,到肉食动物,再到大型肉食动物,能量是逐级递减的过程。这是因为,各营养级消费者不可能百分之百地利用前一营养级的生物量;各营养级的同化作用也不能达到百分之百,总有一部分不被同化;生物在维持生命过程中进行新陈代谢,总要消耗一部分能量。

生态平衡(ecological equilibrium)指一个生态系统在特定的时间内的状态,在这种状态下,生态系统的结构和功能相对稳定,物质与能量输入输出接近平衡,在外来干扰下,通过自然调节(或人为调控)能恢复初始的稳定状态。生态平衡是生态系统长期进化形成的一种动态平衡,它反映了生态系统内生物与生物、生物与环境之间的相互关系。例如,一个生态体系的要素,如生产量、生物物种数量和种

群规模等都不是固定在某一水平上,而是在某个范围内来回波动。这表明了生态系统具有自我调节和维持平衡状态的能力。一个地区的生态平衡是该生态系统的结构和功能稳定统一的体现。

在通常情况下(没有受到外力的剧烈干扰),生态系统中的能量流动和物质循环总是平稳进行的,与此同时,生态系统的结构也保持相对稳定的状态。当生态系统的某个要素出现功能异常时,产生的影响会被系统作出的调节所抵消。生态系统的能量流和物质循环是以多种渠道实现着的,如果某一渠道受阻,其他渠道就会发挥补偿作用。对污染物的入侵,生态系统表现出一定的自净能力,这也是系统调节的结果。生态系统的结构越复杂,能量流和物质循环的途径越多,其调节能力或者抵抗外来影响的能力就越强。反之,生态系统的结构越简单,生态系统维持平衡的能力就越差。

当外来干扰超越了生态系统自我调节的能力,使之不能恢复到原初状态的现象称为生态失调或生态平衡的破坏。生态失调或生态平衡的破坏的原因分为自然原因和人为因素。

一个生态系统的调节能力是有限度的。外力的影响超出这个限度,生态平衡就会遭到破坏,生态系统就会在短时间内发生结构上的变化,比如一些物种的种群规模发生剧烈变化,另一些物种则可能消失,也可能产生新的物种。变化的总结果往往是不利的,削弱了生态系统的调节能力。这种超限度的影响对生态系统造成的破坏是长远性的,生态系统重新回到和原来相当的状态往往需要很长的时间,甚至造成不可逆转的改变,这就是生态平衡的破坏。

地球上的生命从出现到现在,维持了几十亿年的发展历程,建立了一个三维的循环结构。植物是生产者,它接受阳光并制造碳水化合物;动物是消费者,食草动物吃草,食肉动物吃食草动物;动植物的“尸体”交还大自然,由细菌、微生物充当分解者,又变成二氧化碳和肥料供植物生长。这是一个能量利用和物质循环的可持续发展的过程。几百万年的人类原始文明并没有破坏这个循环结构,而短短 200 多年的工业文明使这个结构遭到破坏。

人类利用近现代科技、发展商品经济,人类变成了超级生产者,各种人造系统大量消耗资源,把废气、废液、废渣排泄给了自然界。人类又是一个超级消费者,消费植物、动物和各种人造物品,产生的大量的废弃物又交还给大自然。但是,人类并没有变成一个超级分解者,交还给大自然的废弃物,往往是难以降解或分解的。作为生物圈一分子的人类,对生态环境的影响力目前已经超过自然力量,而且主要是负面影响,成为破坏生态平衡的主要因素。

人类生产活动及生活活动对生态系统的破坏性影响主要表现为,大规模地把自然生态系统转变为人工生态系统,严重干扰和损害了生物圈的正常运转;大量摄取生物圈中的各种资源,包括生物资源和非生物资源,破坏或干扰了生态平衡;向生物圈中超量输入人类活动所产生的产品和废物,严重污染了生物圈的物理环境,毒

害了生物组分,包括人类自身。

生态失调或生态平衡破坏最终给人类带来不利的后果,失调越严重,人类的损失也越大。因此,时刻关注生态系统的表现,尽早发现失调的信息,及时扭转不利的情况是至关重要的。积极提高生态系统的抗干扰能力,保护生态系统,预防生态失调,则可以事半功倍。

1.1.3 人类活动和环境问题

人类通过生产活动和生活活动,从自然界获取物质资源,然后将经过改造和使用的资源和各种废弃物返还自然界,从而参与了自然界的物质循环过程和能量流动过程,不断地改变着自然环境。人类在改造自然环境以有利于自身生存的过程中,自然环境也以自己固有的规律运动变化,并不断对人类产生反作用。若人类活动和自然界的规律运动之间不能很好协调,其结果就常常会产生环境问题。自然界的改变往往是缓慢的,人们现在做的对环境有影响的事情,可能需要一定的时间,甚至多少年之后才会显现后果。概括地说,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。环境问题是目前人类面临的几个重要问题之一。

环境问题是多方面的,大致可分原生环境问题(第一类环境问题)和次生环境问题(第二类环境问题)两类。原生环境问题是由自然力引起的环境问题,如火山喷发、地震、洪涝、干旱、滑坡等等。由于人类的生产活动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称为次生环境问题。次生环境问题又分为自然环境的衰退、环境污染和资源浪费等方面。目前人们所说的环境问题一般是指次生环境问题。

自然环境的衰退是指人类活动直接作用于自然生态系统,造成生态系统的生产能力显著减少和结构显著改变,从而引发的环境问题,如过度放牧引起草原退化,滥采滥捕使珍惜物种灭绝和生态系统生产力下降,植被破坏引起水土流失、土地沙化等等。

人类的生产活动和生活活动给环境带来的影响主要包括如下方面。

① 工业生产中产生的废气、废水、废渣,即工业“三废”;对自然资源的过量开采;能源和水资源的利用及消耗;工业噪声等。

② 农业生产中过量使用的农药、化肥、除草剂;农业生产的废弃物,如不可降解农用地膜、农产品包装等。

③ 交通运输业中车辆、轮船和飞机排放的尾气污染、噪声污染、油污染、扬尘污染和报废的固体废弃物污染等。

④ 日常生活中产生的燃煤废气、烹饪油烟、生活污水、生活垃圾等。

应当注意的是,原生环境问题和次生环境问题往往难以截然分开,它们之间常常存在着某种程度的因果关系和相互作用。