



高职高专“十一五”规划教材

造纸工业环境污染 & 控制

刘一山 主编

ZAOZHI GONGYE HUANJING
WURAN

YU KONGZHI



化学工业出版社

环境学，环境学是研究人类活动与自然环境之间相互关系的科学。环境学的主要任务是研究人类活动对环境的影响，以及环境对人类健康的危害。环境学是一门综合性很强的学科，它涉及到生物学、化学、物理学、地理学、社会学等多个领域。环境学的研究对于保护人类赖以生存的地球环境，提高人类的生活质量具有重要的意义。

高职高专“十一五”规划教材

造纸工业环境污染与控制

刘一山 主编

- [1] 张殿印等. 环境保护概论. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [2] 张殿印. 环境工程入门. 第2版. 北京: 冶金工业出版社, 1999.
- [3] 刘秉慎. 造纸工业污染控制与环境保护. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.
- [4] 杨殿. 二氧化硫减排技术与烟气脱硫工程. 北京: 冶金工业出版社, 2004.
- [5] 王继斌, 刘建秋. 大气污染控制技术. 大连: 大连理工大学出版社, 2006.
- [6] 杨国清, 刘康怀. 造纸工业污染控制与环境保护. 北京: 科学出版社, 2009.
- [7] 刘秉慎等. 造纸工业污染控制与环境保护. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [8] 刘秉慎等. 造纸工业环境保护. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [9] 刘秉慎等. 造纸工业节能技术. 北京: 中国轻工业出版社, 1999.
- [10] 李家华. 环境工程概论. 北京: 冶金工业出版社, 2001.
- [11] 张林. 环境工程概论. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [12] 郭芳. 环境工程概论. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [13] 刘长恩. 环境工程概论. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [14] 陈克复等. 造纸工业污染控制与环境保护. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [15] 王思厚等. 制浆造纸设备与操作. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
- [16] 阎尔平. 纸厂干燥熟浆供热系统. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
- [17] 刘秉慎等. 造纸工业污染控制与环境保护. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [18] 张乃钧. 造纸企业必须走清洁生产之路. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [19] 刘秉慎等. 造纸工业污染控制与环境保护. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [20] 丁敏, 陈克复. 造纸工业废水的综合处理及清洁生产. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [21] 高玉杰等. 废纸再生使用技术. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [22] 何北海, 何彦. 造纸清洁生产与系统水封闭回用. 中国造纸, 2000(5), 43-44.
- [23] 王永等. 建设项目环评中的清洁生产分析与评价. 江苏环境科技, 2002(1), 1-3.
- [24] 刘健. 造纸行业清洁生产. 广州: 华南理工大学出版社, 2000.
- [25] 胡德军. 造纸行业清洁生产. 中国造纸, 2002(5), 43-44.
- [26] 胡健. 造纸行业的清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [27] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [28] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [29] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [30] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [31] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [32] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [33] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [34] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [35] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.
- [36] 朱世文, 史平. 造纸企业清洁生产. 中国造纸, 2001(1), 1-3.



化学工业出版社

北京

环境是人类赖以生存和生活的客观条件,人类的生产、生活活动也对环境产生了不利的影响,导致环境恶化,所以在发展工业生产的同时也必须保护环境。本书从环境和环境保护的角度,介绍了环境学和环境保护的基本知识,讲述了制浆造纸生产过程中废水、废气(汽)、废渣、噪声和废热等污染源(物)的产生原因,对环境造成的危害,各种污染防治的方法,以及纸浆造纸生产过程中所产生废物的综合利用的途径。

本书可作为高职高专制浆造纸专业学生的教学用书,也可用作中等职业学校的参考书,同时,还可供从事造纸工业的工程技术人员、企业管理人员参考使用。

造纸工业环境污染与控制

刘一山 主编

图书在版编目(CIP)数据

造纸工业环境污染与控制/刘一山主编. —北京:化学工业出版社, 2008.5

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-02611-8

I. 造… II. 刘… III. 造纸工业-环境污染-污染控制-高等学校:技术学校-教材 IV. X793

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第062547号

责任编辑:张双进

责任校对:周梦华

装帧设计:王晓宇

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张15 字数370千字 2008年7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:28.00元

版权所有 违者必究

前言

自 2000 年前后,国内一些职业院校先后开办制浆造纸技术专业的高等职业技术教学,但与之相配套的教材却为空白,使教学受到了一定的影响,因此组织编写适应高职高专教学的教材已迫在眉睫。《造纸工业环境污染与控制》是在教育部轻化类教学指导委员会、制浆造纸技术专业分委员会的领导下,根据 2007 年教学指导委员会工作会议精神,组织相关院校编写的。

本书从环境和环境保护的角度,讲述了环境和环境保护的基本知识,介绍了制浆造纸生产过程中废水、废气、废渣、噪声和废热污染源的产生原因、危害以及各种污染防治的方法或综合利用的方式。

本教材以培养高等技术实用型人才为目标、贯彻实际、实践、实用的原则,内容注重与生产实际的紧密结合,力求由浅入深,循序渐进。教材结构紧凑,内容充实、全面。

本教材绪论由四川工商职业技术学院李桂芳编写,第一章和第二章由浙江科技学院施祥编写,第三章由四川工商职业技术学院《纸和造纸》编辑部伍安国编写,第五章和第八章由四川工商职业技术学院付正祥编写,第四章、第六章和第七章由四川工商职业技术学院刘一山编写,全书由刘一山主编。

本书作为制浆造纸技术专业高职教学用书;也可用作本专业中职、技校及其他形式的职业教学用书,内容可根据教学要求消减;还可作为从事造纸工业的工程技术人员、企业管理人员的参考书。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2008 年 3 月

目 录

绪论	1
第一节 环境与环境科学	1
一、环境	1
二、环境科学	2
第二节 生物圈	3
一、生物圈	3
二、生物多样性	3
三、大气圈、水圈和土壤圈的基本特征	4
第三节 生态学	6
一、生态学	6
二、生态系统	6
第四节 环境问题	11
一、人口问题	12
二、生态问题	12
三、环境污染	14
四、环境问题的发生和发展	16
五、环境保护	17
复习思考题	18
第一章 制浆造纸生产过程对环境的影响	19
第一节 概述	19
一、制浆造纸生产过程	19
二、制浆造纸生产对环境的影响	20
第二节 制浆造纸过程对环境的影响	21
一、废水及其污染	21
二、废气污染	24
三、废渣	25
四、噪声污染	25
五、热污染	26
复习思考题	27
第二章 废水的产生及处理	28
第一节 概述	28
一、水污染的概念	28
二、水污染类型和水体中主要污染物质	29

三、水体污染的危害	30
四、表征水污染的指标	31
五、水体的自净作用	32
六、废水污染防治	34
第二节 制浆造纸废水的来源	36
一、备料废水	36
二、蒸煮废液	36
三、筛选净化废水	38
四、漂白废水	38
五、抄纸废水	38
六、污冷凝水	39
七、机械磨浆废水	39
八、废纸制浆过程的废水	40
九、其他废水	40
第三节 废水处理技术	41
一、概述	41
二、预处理	43
三、一级处理	45
四、二级处理	47
第四节 制浆造纸废水处理工程实例	51
一、生物接触氧化法处理中段废水	51
二、完全混合式活性污泥法处理造纸废水	53
复习思考题	58
第三章 废气的产生及处理	59
第一节 大气污染及污染物	59
一、大气污染的概念	59
二、大气的污染物质	60
三、典型的大气污染	64
四、大气污染产生的危害	65
五、影响大气污染的因素	67
六、大气污染的防治	68
第二节 造纸工业的大气污染与控制	68
一、硫酸盐浆厂的大气污染及其控制	69
二、亚硫酸盐法制浆的大气污染及其控制	82
三、制浆造纸厂其他废气及其控制	84
第三节 造纸厂粉尘的治理	88
一、概述	88
二、除尘装置的特性	89
三、除尘装置	91

四、除尘装置的选择	99
五、制浆造纸厂产生的粉尘及其控制	100
复习思考题	101
第四章 固体废物的产生及处理	103
第一节 概述	103
一、固体废物的概念	103
二、固体废物的来源及分类	103
三、固体废物的污染途径	104
四、固体废物对环境的危害和污染	105
五、固体废物污染控制	107
六、固体废物处理方法	108
七、控制固体废物污染的技术政策	109
第二节 造纸工业固体废物的种类及组成	109
一、纤维性废料	109
二、浆渣	110
三、无机废物	110
四、污泥	111
第三节 固体废物的处理	111
一、污泥的脱水处理	111
二、固体废物的干燥	112
三、固体废物的焚烧	114
四、热解法	117
第四节 造纸工业固体废物的综合利用	117
一、燃烧能源的回收利用	117
二、用于生产建筑材料	118
三、用于生产板材	119
四、用于生产农业肥料	120
五、其他利用	121
第五节 固体废物的最终处置	122
一、固体废物处置的概念	122
二、处置的基本要求	123
三、处置方法	123
复习思考题	125
第五章 噪声污染与防治	126
第一节 声音与噪声	126
一、噪声的概念	126
二、环境中噪声来源	126
三、化工企业噪声的来源和特点	127
第二节 噪声污染与危害	127

一、对听觉的影响	127
二、对神经、消化、心血管系统的影响	129
三、噪声对日常生活和生产的影响	130
四、噪声影响工作效率	130
五、噪声损害建筑物	130
六、噪声对动物的影响	131
第三节 噪声的度量与测定	131
一、噪声监测参数及噪声度量	131
二、噪声测定仪器	134
三、噪声监测	137
第四节 噪声标准	138
一、环境噪声标准的层次与作用	138
二、环境噪声标准层次关系分析	139
三、国际、国内颁布的噪声标准	140
第五节 噪声控制技术	142
一、噪声污染综合防治	142
二、噪声控制技术	143
复习思考题	146
第六章 废热的污染和利用	147
第一节 废热的污染及其防治	147
一、热污染的概念	147
二、热污染的来源	147
三、热污染的危害	148
四、热污染防治	149
第二节 制浆造纸生产中废热的回收利用	150
一、蒸煮生产中废热的回收利用	150
二、机械法制浆中的废热回收	161
三、纸机干燥部废汽的回收利用	164
第三节 热泵技术及其应用	165
一、热泵的概念及其原理	165
二、热泵在黑液蒸发中的应用	167
三、使用热泵回收利用 TMP 废气	168
四、利用热泵回收纸机干燥部废汽	168
五、热泵在纸机干燥部通汽系统中的应用	168
复习思考题	171
第七章 制浆造纸清洁生产	172
第一节 清洁生产的定义	172
一、工业污染以及清洁生产的提出	172
二、清洁生产的定义	174

三、清洁生产的发展	175
四、企业推行清洁生产的意义	176
五、清洁生产与 ISO14000	177
第二节 清洁生产的评价与审计	179
一、清洁生产的评价	179
二、清洁生产审计	182
第三节 造纸行业清洁生产	185
一、造纸企业实施清洁生产的方法和途径	185
二、实现造纸行业清洁生产的对策	187
三、制浆造纸清洁生产方案	188
复习思考题	193
第八章 环境质量评价	194
第一节 概述	194
一、环境质量评价地提出与发展	194
二、环境质量评价的概念	194
第二节 环境质量现状评价	195
一、环境质量现状评价概述	195
二、环境质量现状评价的程序和一般方法	196
三、大气环境质量现状评价	198
四、水环境质量评价	200
五、土壤环境质量评价	201
六、总环境质量指数评价	201
第三节 环境影响评价	201
一、环境影响评价概述	201
二、环境影响评价内容	202
三、环境影响评价程序	203
四、环境影响评价的方法和技术	204
五、环境影响评价报告书的编写	205
复习思考题	205
附录	206
附录 1 中华人民共和国环境保护法	206
附录 2 中华人民共和国清洁生产促进法	209
附录 3 中华人民共和国大气污染物综合排放标准	212
附录 4 造纸工业水污染物排放标准	223
附录 5 中华人民共和国工业企业厂界噪声标准	226
附录 6 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准	226
参考文献	231

绪 论

20 世纪是人类社会空前发展、人口空前增加、物质财富空前消耗的时代。人类按照“征服自然、改造自然、主宰自然”、“向自然进军、向自然索取”的信念，曾无所顾忌地在地球上发展、壮大。

但是，科学技术发展使人类感受到地球的有界性和无法满足人类日益膨胀的物质需求的威胁。人的生存遇到越来越激烈的竞争，当唾手可得的物质越来越难寻觅，当人类丢弃的废物越来越随处可见，当风沙迷住了人们的双眼，当噪声惊醒人们的睡梦，当连呼吸新鲜空气、上厕所、在绿地上散步都要交费时，人类感到了未来发展的恐怖。人类开始反思：地球能给人们提供永续不断的资源吗？人们以这样的发展趋势可以时代永续发展下去吗？于是环境问题便成为了当今世界各国共同关注的一个热点、难点和焦点。

1972 年在斯德哥尔摩召开的首次人类环境大会上制定的《人类环境宣言》中谈到：“人类既是它的环境的创造物，又是它的环境的创造者”。这句话深刻而又高度概括地揭示了人类与环境之间的关系。前一部分说明了人类是环境的产物，这是因为环境为人类的活动提供了阳光、空气、水、土地以及大量的生物和矿物质，因而可以说是环境哺育了人类，创造了人类。而后半部分说明了由于人类从原始社会到高度文明的现代社会，人类始终不断地利用和改造环境，使之适应人类生存和发展的需要。可以说，人类活动在不断地影响着、改变着这些环境条件，在塑造着环境。

所以，环境是人类生存和发展的物质基础，人类的生产和生活一刻也离不开环境，人人都生活在环境之中，都受环境的影响，反过来也都在影响着环境。

第一节 环境与环境科学

一、环境

1. 环境的概念

“环境”（environment）是一个应用非常广泛的术语，它的含义和内容随着各种具体情况而有所不同。在环境科学领域，环境的含义是：以人类社会为主体的外部世界的总体。按照这一定义，环境包括了已经为人类所认识的、直接或间接影响人类生存和发展的物理世界的所有事物。它既包括未经人类改造的众多自然要素，如阳光、空气、陆地、天然水体、天然森林、草原、野生生物等；也包括经过人类改造和创造出的事物，如水库、农田、园林、村落、城市、工厂、港口、公路、铁路等。它既包括这些物理要素，也包括由这些要素构成的系统及其所呈现的状态和相互关系。

需要特别指出的是，随着人类社会的发展，环境的概念也在变化。以前人们往往把环境仅仅看作单个物理要素的简单组合，而忽视了它们之间的相互作用关系。进入 20 世纪 70 年代以来，人类对环境认识发生了一次飞跃，开始认识到地球的生命支持系统中的各个组分

和各种反应过程之间的相互关系。对一个方面有利的行动，可能会给其他方面引起意想不到的损害。

2. 环境要素

构成环境整体的各个独立的、性质各异而又服从总体演化规律的基本物质组分称为环境要素，也叫环境基质。

环境要素分自然环境要素和社会环境要素。目前研究较多的是自然环境要素，故环境要素通常是指自然环境要素，包括水、大气、生物、土壤、岩石、阳光等。环境要素组成环境结构单元，环境结构单元又组成环境系统，例如由水组成河流、湖泊和海洋等水体，地球上的全部水体又组成水圈（水环境整体）；由土壤组成农田、草地和林地等，由岩石组成岩体，全部岩石和土壤构成岩石圈或称土壤-岩石圈；由生物体组成生物群落，全部生物群落构成生物圈。

环境要素具有一些非常重要的属性，这些属性决定了各个环境要素间的联系和作用的性质，是人们认识环境、改造环境的基本依据。在这些属性中，最重要的属性如下。

① 最差限制律。整体环境的质量不是由环境诸要素的平均状态决定，而是受环境诸要素中那个与最优状态差距最大的要素的控制。这就是说，环境质量的好坏，取决于诸要素中处于“最差状态”的那个要素，而不能够因其他要素处于优良状态得到弥补。因此，环境要素之间是不能相互替代的。

② 环境整体大于诸要素之和。一处环境所表现出的性质，不等于组成该环境的各个要素性质之和，而是比这种“和”丰富得多，复杂得多。环境诸要素之间相互联系、相互作用形成环境的总体效应，这种总体效应是个体效应基础上的质的飞跃。

③ 相互依赖性。环境诸要素是相互联系、相互依赖的。首先，环境诸要素的相互作用和制约关系，是通过能量流，即能量在各要素之间的传递，或能量形式在各要素之间的转换实现的。其次，通过物质循环，即物质在环境要素间的传递和转化，环境要素相互联系在一起。

3. 环境质量

所谓环境质量，一般是指一处具体环境的总体或某些要素，对于人群的生存和繁衍以及社会发展的适宜程度，是反映人群对环境要求的，对环境状况的一种描述。环境质量通常要通过选择一定的指标（环境指标）并对其量化来表达。自然灾害、资源利用、废物排放以及人群的规模和文化状态都会改变或影响一个区域的环境质量、大气圈、水圈和土壤圈的基本特征。

二、环境科学

1. 环境科学的概念

环境科学（environmental science）是在人们面临一系列环境问题、并且要解决环境问题的需求下，逐渐形成并发展起来的、由多学科到跨学科的科学体系，也是一个介于自然科学、社会科学、技术科学和人文科学之间的科学体系。环境科学虽然只有短短的几十年，但随着环境保护实际工作的迅速扩展和环境科学理论研究的不断深入，其概念和内涵日益丰富和完善。应该说，环境科学是研究在人类活动的影响下，环境质量变化规律，以及环境保护与改善的科学。

环境科学是对“人类-环境”系统对立统一体的研究。是研究人类活动与其环境质量关

系的科学。广义上讲,它是对人类生活的自然环境进行综合研究的科学;狭义上讲,它是研究有人类活动所引起的环境质量的变化,以及保护和改善环境质量的科学。环境科学的研究对象是人类与其生活环境之间的矛盾。在这一矛盾中,人是矛盾的主要方面。因此,在环境科学中,人和社会因素占有主导地位,决定环境状况的因素是人而不是物。环境科学绝不是纯粹的自然科学,而是兼有社会科学和技术科学的内容和性质。它不仅要研究和认识环境中的自然因素及其变化规律,而且还要认识和了解社会经济因素及其技术因素与规律,以及人与环境的辩证关系。

在现阶段,环境科学主要是运用自然科学和社会科学的有关学科的理论、技术和方法来研究环境问题,形成与有关学科相互渗透、交叉的许多分支学科。

2. 环境科学的基本任务

环境问题分为两大类,环境科学研究也得从两个方面入手解决:一是自然保护,另一个是污染控制和治理。

自然保护(natural protection)是指保护自然环境和合理利用自然资源,特别是不可再生资源,保护生态平衡。其主要任务是保护生物及其生存环境,包括土地、森林、水资源、野生动植物等,以及对名胜古迹、风景旅游区的保护。自然保护的措施包括合理的土地利用、植树造林、建立动植物园和自然保护区、合理开发利用自然资源等。

污染控制和治理(pollution control and hardness)是指治理已经发生的污染,防止再产生新的污染。污染控制的措施包括统筹规划、合理布局、节约原材料、废气的回收、废水的循环利用、通过技术改造治理污染,以及用各种有效的方法对大气、水体、土壤等环境污染进行净化和处理等。

第二节 生物圈

一、生物圈

生物圈是指地球上所有生命与其生存环境的整体,它在地球表面上到平流层、下到10000m以下的地壳,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各约100m厚的范围内。在地球上之所以能够形成生物圈,是因为在这样一个薄层里同时具备了生命存在的四个条件:阳光、水、适宜的温度和营养成分。

总之,地球上所有生命存在的地方均属生物圈的一部分。生物圈的最显著特征是其整体性,即任何一个地方的生命现象都不是孤立的,都与生物圈的其余部分存在着历史的和现实的联系。

二、生物多样性

生物圈的另一个显著特征是生物多样性。通俗地讲,生物多样性就是一个区域内生命形态的丰富程度,它包括遗传(基因)多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次。生物多样性是生命在其形成和发展过程中与多种环境要素相互作用的结果,也就是生态系统进化的结果。值得注意的是,生物圈或其部分区域中的某个物种过于强大时,会造成其他物种数量的减少甚至灭绝,从而损害生物多样性,目前这种情况正由于人类的过于强大而发生着。因此,生物多样性还意味着生物种群在个体数量上的均衡分布。

三、大气圈、水圈和土壤圈的基本特征

地球上的生命主要存在于大气、水和土壤三个圈层之中。人类活动造成的环境污染和生态破坏，目前主要发生在大气圈、水圈和土壤圈之中。因此，有必要对这三个圈层加以介绍，这对理解环境污染和生态破坏发生和发展的规律以及寻找解决这些问题的方法具有重要意义。

1. 大气圈

大气是指在地球引力作用下聚集在地球外部的气体薄层。在环境科学中大气层称为大气圈，也称大气环境。

大气是多种气体的混合物，另外还含有少量的悬浮固体微粒和液体微粒。大气中除去水汽、液体和固体杂质外的混合气体称为干洁空气。干洁空气的组成成分主要的是氮、氧、氩三种气体，它们占大气总量的99.97%（见表0-1）。在干洁空气中，二氧化碳和臭氧的含量很不稳定，随空间和时间的变化较大。

表 0-1 干洁空气成分

气体类别	体积分数/%	气体类别	体积分数/%
氮(N ₂)	78.09	氪(Kr)	1.0×10^{-4}
氧(O ₂)	20.95	氢(H ₂)	0.5×10^{-4}
氩(Ar)	0.93	氙(Xe)	0.08×10^{-4}
二氧化碳(CO ₂)	0.03	臭氧(O ₃)	0.01×10^{-4}
氖(Ne)	18×10^{-4}	氦(He)	5.24×10^{-4}

2. 水圈

(1) 水圈及其构成 地球上的水以气态、液态和固态三种形式存在于空中、地表和地下，包括大气、海水、陆地水（河、湖、沼泽、冰雪、土壤水和地下水），以及生物体内的生物水。这些水不停地运动着和相互联系着，共同构成水圈。人们通常所说的水圈一般是指地球上被冰雪、液态水和水汽所占据而构成的壳层。水圈的上限可视为对流层顶，下限为深层地下水所及的深度。

在水圈中，水的大部分是以液态和固态的形式在地面上聚集在一起的，构成各种水体，如冰川、海洋、河流、湖泊、水库等。通常情况下，一个水体就是一个完整的生态系统，包括其中的水、悬浮物、溶解物、底质和水生生物等。此时也称其为水环境。

全球水的总储藏量约为 $13.9 \times 10^9 \text{ km}^3$ ，其中97.42%是海水，只有2.58%是淡水，而淡水中的约77%是以极地冰帽和高山积雪和冰川形式存在的。它们在各种存在形态之间和各水体之间不断地转化和循环，形成水的大循环和相对稳定的分配。

(2) 水体富营养化 富营养化是湖泊分类和演化学的一个概念，它指的是当湖泊水中的N、P等植物营养物（如氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、尿素、磷酸盐）的浓度超过一定数值时引起的湖泊生态系统的一种恶性循环。地面天然水体中的总氮和总磷含量一般都较低，因而湖泊生态系统的生产能力被限制在一个较低的水平。然而，当大量含有氮磷的污水进入一个湖泊时会大大提高湖水中氮和磷的浓度，充足的氮磷供应造成湖泊中的主要生产者藻类的快速生长，藻类的尸体则为湖泊微生物提供了充足的养料，它们也因而大量繁殖并快速消耗水中的溶解氧。由于微生物集中于底泥之中，结果造成水的底层缺氧。随着这种情况的继

续, 缺氧层的厚度越来越大, 从而把好氧微生物的活动范围更加限制在表层, 直到最后, 只有水面薄薄的一层还有藻类生长, 其他需氧生物统统死亡。藻类生长进一步限制了阳光的入射深度和氧气补充速度, 更加剧了这一过程。最后系统终于崩溃, 藻类也由于缺氧而开始大量死亡, 形成“赤潮”。这样的生态循环过程是湖泊富营养化的主要标志。

造成这种情况的因素, 除了植物营养物太多以外, 还有湖泊的水力条件——水流缓慢, 阳光照射造成水温的垂直分布阻碍水的垂直混合等。到了富营养化阶段, 湖泊就进入了老化阶段, 开始走向消亡——湖底逐渐升高, 以至于变成沼泽, 最后变为陆地。水污染对湖泊的危害就在于使水中的植物营养物过快积累起来, 使得湖泊提前进入富营养化阶段, 加快它的消亡过程。

3. 土壤圈

土壤圈就是岩石圈最外面一层的疏松部分, 其最显著的特征, 一是它能够提供给植物生长所需的营养条件(水分和养分)和环境条件(温度和透气); 二是其内部有生物栖息。由于具备这些特征, 土壤圈表现出其他环境系统不可替代的功能: 联系有机界和无机界的中心环节(通过植物的光合作用)和同化外界输入的其他物质(有机化合物), 是整个生物圈极为重要的组成部分。土壤圈是与人类关系最密切的环境要素之一, 同时也是人类社会赖以生存的重要自然资源。

(1) 土壤的组成 土壤是矿物质、有机质和活的有机体以及水分和空气等的混合物。按重量计, 矿物质占到固相部分(土壤干重)的90%~95%或更多, 有机质约占1%~10%, 可见土壤成分以矿物质为主。土壤有机质就是土壤中以各种形态存在的有机化合物。除此之外还有土壤溶液, 它是土壤水分及其所含的溶解物质和悬浮物质的总称。土壤溶液是植物和微生物从土壤中吸收营养物的媒介, 也是污染物在土壤中迁移的主要途径。

土壤中的固体颗粒的粒度级配或粒度组合称为土壤的机械组成, 又称土壤质地。根据土壤的机械组成可对土壤进行分类。我国的土壤质地分类为砂土、壤土和黏土三个级别。土壤的质地是影响土壤肥力高低、可耕性好坏以及污染物容量大小的基本因素之一。

(2) 土壤污染和净化 所谓土壤污染就是人类的生产和生活活动向环境中排放的“三废”物质通过大气、水体和生物间接地进入土壤, 当进入土壤的量超过了土壤的承受能力时, 就会破坏土壤生态系统的平衡, 引起土壤的成分、结构和功能的变化。值得注意的是, 土壤中的污染物还可以通过生物的新陈代谢和食物链发生进一步的传播。

滥用化肥、农药和除草剂是造成土壤污染的主要原因。其次, 城市垃圾、工业废渣和各种废水都会与土壤发生接触, 将污染物向土壤转移。大气中的污染物也会通过重力沉降和随降水进入土壤, 酸雨就是最明显的例子。土壤发生污染的程度, 可以由污染物在该土壤中的含量超过未被污染的同类土壤中该物质的含量(背景值)的程度来表示, 也可以由该土壤上生长的植物中的含量间接显示, 还可以通过该土壤中的生态变化(生物指标)来判断。

进入土壤的污染物, 不大可能用人工的方法将其消除, 从而使土壤恢复原来的性状。土壤的净化只能依靠其自身的功能。土壤中的污染物参与土壤中所进行的一系列变化, 发生迁移转化, 使土壤中的污染物逐渐减少, 最终消失, 这就是土壤的自净能力。这些变化包括: 物理的(如农药的挥发扩散), 化学的(如酸的中和), 生物化学的(如有机物的生物降解)过程。当然, 土壤对不同污染物的净化能力是有差别的, 有的污染物容易转化, 而有的则很难得到净化而在土壤里长期残留。

第三节 生态学

一、生态学

生态学(ecology)是研究生物与环境之间相互关系及其作用机理的科学。生态学过去只是生物学的一个分支,现在它吸收了各门自然科学的知识,成为一门综合性的学科,它从宏观方面以及不同层次研究生物及其生存环境之间的相互影响。环境科学的主要研究对象是群落生态学及人类生态学,是指导人类保持和发展生态平衡的科学基础。

二、生态系统

1. 生态系统的概念

生态系统(ecosystem)是生物与其生存环境的综合体,其定义可概括为:自然界一定空间的生物与其生存的环境之间,相互作用、相互制约、相互影响、不断演化达到动态平衡,这种相对稳定的统一整体,是具有一定结构和功能的自然界的基本单位。

2. 生态系统分类

按类型可分为水生生态系统及陆生生态系统。水生生态系统有湖泊生态系统、沼泽生态系统、海洋生态系统……;陆生生态系统有草原生态系统、森林生态系统、荒漠生态系统、农田生态系统。按由来可分为自然生态系统、半人工生态系统和人工生态系统。生态系统的大小不一,小如一条小沟、池塘、山头,大如大江、海洋、草原、原始森林以及包罗万象的生物圈。图0-1是一个生态系统的总图。

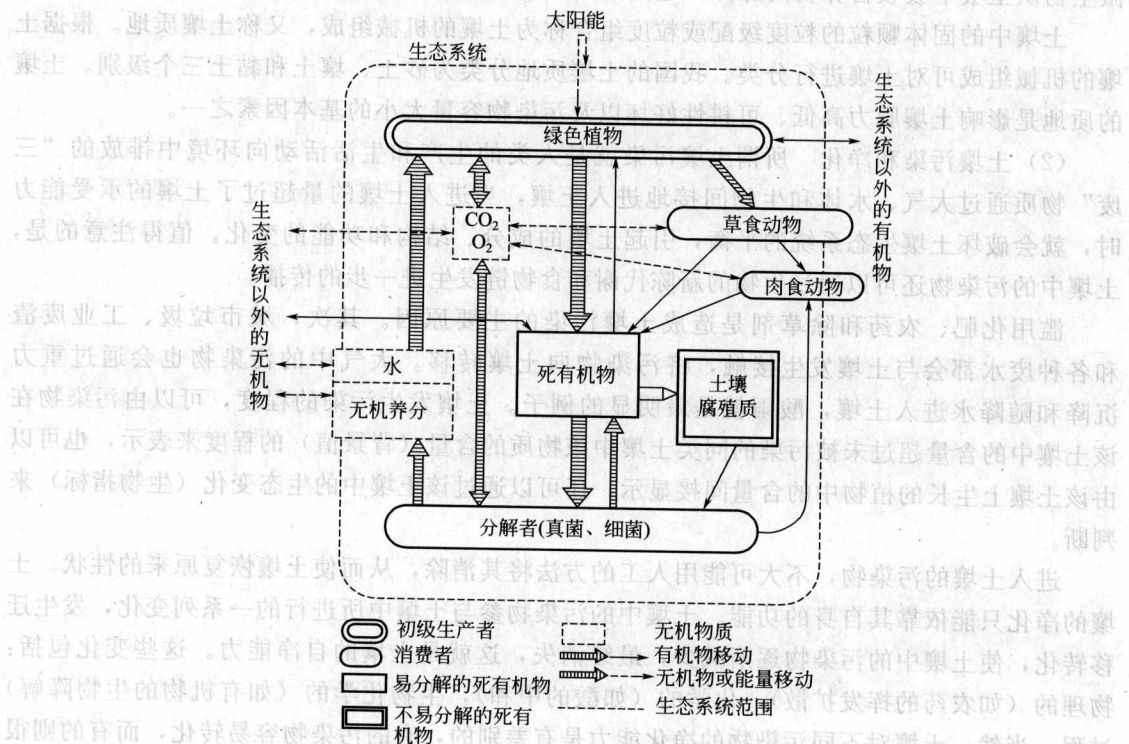


图0-1 生态系统的总图

3. 生态系统的组成

生态系统由生物群落及其生存的环境有机地组合而成。生物之间、生物与环境之间不断地进行着物质和能量的转移,这种相互依存、相互促进的关系密切而又复杂,概括地说,任何一个完整的生态系统都是由初级生产者、消费者、分解者、无机环境这四个部分组成。

(1) 生产者 指绿色植物以及某些能进行光合作用和化学能合成的细菌。它们通过光合作用,把从周围环境中摄取的简单无机物二氧化碳、水和无机盐,合成复杂的有机物;把太阳能转为化学能储存在有机物中。

(2) 消费者 指所有动物以及人类,它们依靠植物制造的有机物为食,摄取所需的能量。只以植物为食的,叫草食动物或初级消费者;以草食动物为食的,叫肉食动物又叫次级消费者;植物、动物都食的叫杂食动物,如人类。

(3) 分解者 指细菌、真菌等微生物,它们以死有机物为营养物,把植物的枯枝落叶及动物的尸体中复杂的有机物分解为简单的无机物,如二氧化碳、水、无机盐,释放回环境,供生产者再用。

(4) 无机环境 指太阳能、大气、水、土壤等。

4. 食物链

(1) 食物链的定义 “螳螂捕蝉,黄雀在后”的典故是食物链的启动思想。“大鱼吃小鱼,小鱼吃虾米,虾米吃小藻”的古老谚语,是对食物链生动而又形象的描绘,有力地说明了生态系统中,植物与动物、动物与动物之间存在着取食和被取食的关系。

以湖泊生态系统为例,浮游动物吞食浮游植物,小鱼捕食浮游动物,大鱼以小鱼为食,生活在湖泊周围的鸟捕食大鱼,于是浮游植物、浮游动物、小鱼、大鱼、食鱼的鸟就通过取食和被取食的关系连成了一个生物集团,把这个通过实物关系连成的生物集团中的每一个生物,按后者以前者为食的关系排列起来,就形成了浮游植物→浮游动物→小鱼→大鱼→食鱼的鸟这样一环紧扣一环的链锁,生态学便把这种链锁关系叫食物链。上述食物链是一条典型的湖泊食物链。

(2) 营养级 食物链上每一个环节都叫一个营养级,任何一种生物都处于一定的营养级上。食物链的首端是低级营养级(以绿色植物为主),食物链的末端是高位营养级(以凶猛的大动物为主)。

食物链在自然界中普遍存在,是生物之间错综复杂关系的重要体现。

(3) 污染物的富集 食物链是污染物质入侵生物体与在生物体内得到富集的途径。当今环境污染已遍及全球,使环境遭到污染的污染物种类繁多,但绝大多数的污染物都是通过食物链侵入生物体的。举世闻名的八大公害之一的日本水俣事件,就有力地证明了这一点。含汞的废渣进入水俣湾,无机汞转化为毒性更大的有机汞,生活在水俣湾的鱼,因吞食了被有机汞污染的食物浮游动物,有机汞侵入到了鱼体。人食用了此鱼,有机汞进入人体,导致了疾病的发生。由此可见,浮游植物→浮游动物→鱼→人这条食物链就是有机汞入侵生物体的途径。科学家们还作了定量的测定,所得数据充分说明了污染物不仅通过食物链入侵生物体,而且还通过食物链在生物体内富集。

经测定发现,弥散在大气层中的 DDT 的含量约为 3×10^{-12} ,一旦出现降雨过程,大气中的 DDT 就随同雨水一起降落至海洋。海洋里的浮游动物因饮用了含 DDT 的海水,它的体内 DDT 的含量就上升到 4×10^{-8} 。小鱼食用了浮游动物,体内 DDT 的含量上升到 5×10^{-7} 。大鱼吞食了小鱼,体内 DDT 的含量增加到了 2.5×10^{-5} 。由计算可知,处于食物链末端的

海鸟体内 DDT 的含量为大气层中含量的 833 万倍, 足以使海鸟及蚕食海鸟的动物致害、致死。富集程度之大是十分惊人的。

5. 能量流动

食物链是能量流动的渠道。生态系统中, 能量的转换服从于热力学第一定律及第二定律, 能量是守恒的, 能量是可以转换的, 其总量不会增加, 也不会减少; 能量从集中到分散, 从高能位向低能位的方向转化, 在转化过程中, 总有一部分损失, 但总量不变。生态系统中, 沿食物链的能量流动如图 0-2 所示。

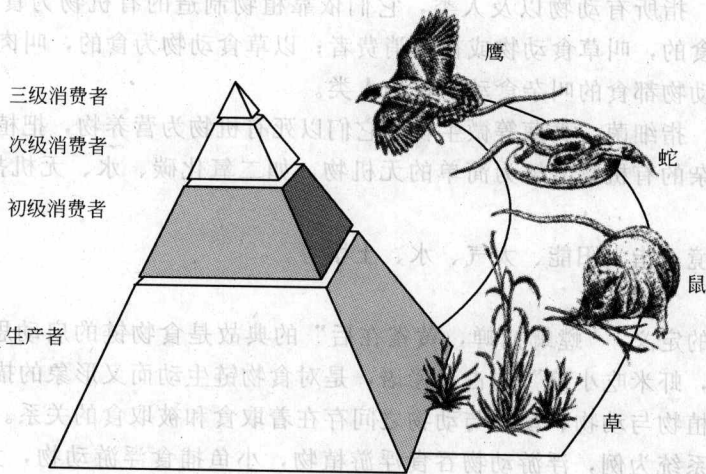


图 0-2 生态系统中能量的流动

由图可知, 能量通过光合作用不断输入, 又通过呼吸作用及分解作用转化为热能不断输出返回大气。除上述两种方式之外, 被固定的能量还可储存在粮食、木材等有机物中及化石燃料中。

在食物链中, 由一个营养级转化到下一个营养级时, 总有一些物质及能量的损失, 因此每一级都是要受前一级总生产量及总能量的限制。一个营养级同化的能量与前一营养级可利用能量的比率, 叫生态效能或称同化效能, 生态效能一般只有 10% 左右。据研究绿色植物到草食动物的同化效能, 大约为 5%~30%, 平均为 10%; 从草食动物到肉食动物的同化效能一般为 15%, 所以沿食物链延伸各级的生物量及能量逐级减少。如将各营养级的能量流, 由低到高按比例划成图为一金字塔形, 故称能量金字塔, 所以, 图 0-2 也叫做能量金字塔。

6. 生态系统中的物质循环

(1) 物质循环概念 绿色植物不断从环境中吸取营养物质, 通过光合作用, 将简单的无机物转化为复杂的有机物, 于是物质就开始进入食物链。当草食动物采食绿色植物时, 植物体内的营养物质就向草食动物体内迁移。同样, 当肉食动物采食草食动物时, 物质就又迁移到肉食动物体内。动植物死亡后, 它们的尸残体被微生物分解, 并将有机物转化为无机物复原于环境。这些释放回环境的物质, 再一次被植物吸收利用, 重新进入食物链, 参加生态系统物质的再循环。生态学把生态系统中, 生物从环境吸取营养物质, 物质沿食物链迁移, 再被其他生物重复利用, 最后经分解者分解, 又复归于环境的过程叫物质循环。物质循环周而复始, 才能使营养物质不致枯竭, 生态系统才会生机盎然。

(2) 三种主要的物质循环