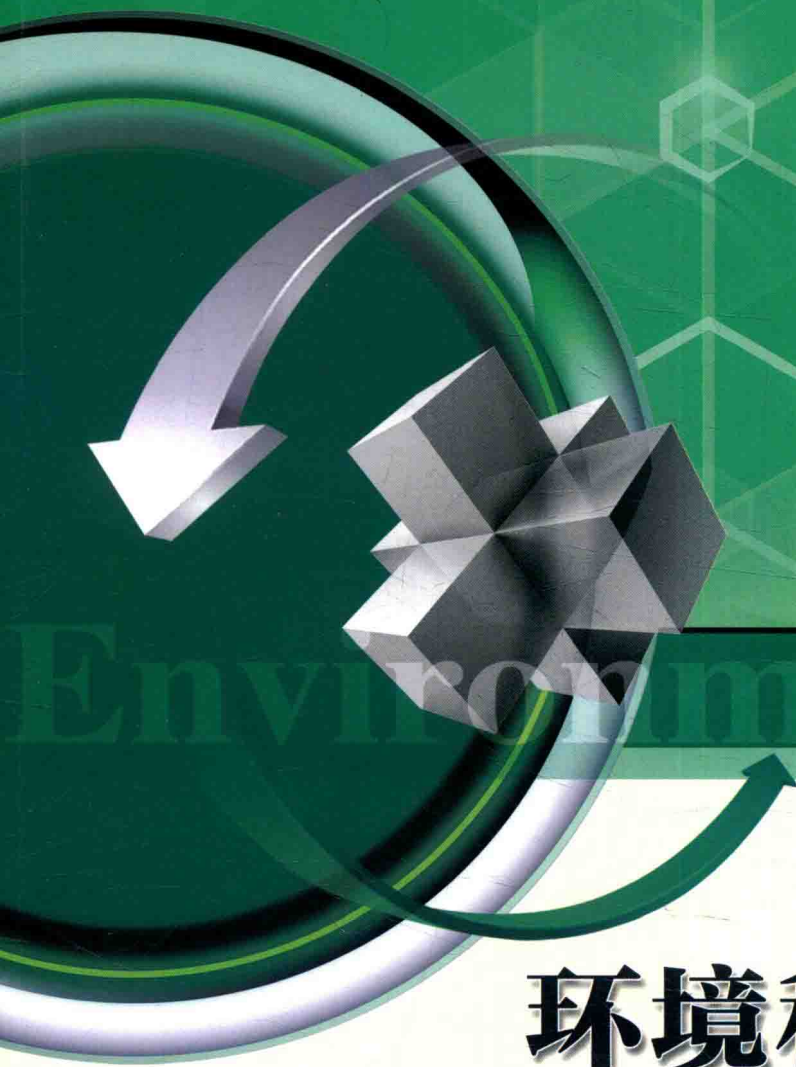




世纪高等教育环境科学与工程类系列规划教材



环境科学导论

第2版

赵景联 史小妹 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配套教师课件

21 世纪高等教育环境科学与工程类系列规划教材

环境科学导论

第 2 版

主编 赵景联 史小妹
参编 何 焯 伏渭娜 赵 翹



机械工业出版社

《环境科学导论》(第2版)以简洁的形式系统地阐述了环境科学的基本概念、基本原理、环境污染控制的基本方法等环境科学核心知识。全书共分为10章,包括绪论、生态学基础、大气污染及其控制技术、水体污染及其控制技术、固体废物污染及其控制技术、土壤污染及其控制技术、物理性污染及其控制技术、有毒化学物质污染及其控制技术、环境质量评价与环境监测及环境科学其他专题等内容。

《环境科学导论》(第2版)编排新颖,内容简明扼要,图表简练,每章前列出导读、提要和要求,便于教学;同时,名词术语给出了对应的英文译名,增加了大量的小知识、小资料和阅读材料,增强了本书的知识性和可读性。

《环境科学导论》(第2版)可作为高等院校环境科学与工程通识课程的教材,也可作为工程技术人员及环保从业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

环境科学导论/赵景联,史小妹主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2016.11

21世纪高等教育环境科学与工程类系列规划教材

ISBN 978-7-111-55097-6

I. ①环… II. ①赵… ②史… III. ①环境科学-高等学校-教材
IV. ①X

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第244966号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:马军平 责任编辑:马军平 臧程程 任正一

责任校对:陈延翔 封面设计:张静

责任印制:李洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2017年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·28.75印张·705千字

标准书号:ISBN 978-7-111-55097-6

定价:59.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

第2版前言

《环境科学导论》第1版自2005年问世至今已十余年，印刷了数万册，被各兄弟院校和社会各界广为采用。十多年来，随着科学技术的不断发展，环境科学领域也在不断扩展，研究内容更丰富，涉及更广、更深层次的理论问题和更先进的污染治理技术。特别是我国的高等教育在新时期正酝酿着一场教学内容，课程体系，教学手段、方式，培养目标的重大变革。为适应现代教学和科学技术发展的需要，及时反映环境科学研究的新进展，反映近期环境污染治理技术的新动向等，以便使学生用环境科学理论、原理、技术分析来解决环境问题，培养合格的环保人才，并为学生后续学习和科研工作打下良好、扎实的基础，适时修改、更新《环境科学导论》第1版内容，补充新的研究成果，就显得十分必要。

根据目前所收集到的信息，读者对《环境科学导论》第1版的反响较好，众多学校选其作为相关课程的教材或参考教材，不少高校和研究院指定其为研究生考试参考书等。我们以为，之所以有这样的效果和反响，原因首先是它在知识结构体系上体现了学科发展方向，其次是它的编写形式在当时是有鲜明特点的。

基于上述理由，本次修订在对保持第1版的基本内容和逻辑结构体系的前提下，总体修改如下：

1) 为了符合国内教材编写规律，将原每节前要点改为每章前导读、提要和要求，以减少过多的要点和相关内容的重复，并提起学生的学习兴趣。

2) 为了适应部分高校开设双语课后，取消了专业英语课程的情况，本书中给出了名词术语对应的英文译名。

3) 为了增强本书的知识性，增加了大量的小知识、小资料和阅读资料，以便教师选讲，学生课外选读。

4) 为了增强本书的可读性，根据内容需要，增加了书中的图和表的数量，图文并茂。

5) 为了方便学生延伸学习，每章和书后附有本章和本书涉及的相关网站链接。

具体章节修改、更新和增加的内容如下：

第1章，增加了表1-3近年来中国发生的环境污染重要事件。

第2章，增加了生态学在环境保护中的应用等相关内容。

第3章，将原10.1全球大气环境问题及重要环境事件的内容放到本章内；增加了雾霾污染、CO₂捕集与封存、烟气超净排放、除尘脱硫工艺选择、脱硫脱硝工艺流程图、烟尘控制工艺流程简介等内容。

第4章，增加了持久性有机污染物、膜分离法和氧化还原法等内容。

第5章，增加了固体废物资源化实例等内容。

第6章，增加了土壤污染预防措施和污染土壤修复技术等内容。

第7章，更新了内容。

第8章，更新了内容。

第9章，增加了9.2环境监测的相关内容。

第10章，将原10.1全球大气环境问题及重要环境事件的内容移至第3章；增加了10.4循环经济和10.5低碳经济理论的相关内容。

《环境科学导论》第2版由西安交通大学赵景联教授、西安理工大学史小妹副教授主持编写，其他参与编写的人员是何焯、伏渭娜、赵靓。由于第1版编者工作的变动，编写人员有所变动，感谢几位新编者的参与和支持。研究生曹连芳、门高闪和姜泽宇同学参与了图表绘制和网址整理。

本书在编写过程中，引用了大量国内外的文献资料，我们尊重资料作者的工作成果，在每一章后均列出引文出处以明示读者。在此，编者向所引参考文献的作者致以诚挚的谢意。

环境科学是一门新兴学科，它涉及的学科范围非常广泛，研究成果仍在不断丰富，其资料浩如烟海，限于编者的水平，书中难免有不完善之处，希望读者继续给予关心和支持，提出宝贵意见。

编者

第1版前言

当今世界环境问题已成为人类面临的最重要问题之一。环境保护作为我国的基本国策，对国家经济、文化、科技、政治的各个方面都有着深远的影响。究竟什么是环境问题？环境问题是如何产生的？当前的环境问题都有哪些？环境污染治理与控制的方法又有哪些？这些问题正是环境科学的研究对象，也是每一个关注环境问题的大学生所必须了解的。因此，教育部要求在大学理工科各专业中设置环境科学方面的课程，以拓宽学生的知识结构，进一步培养学生的能力，使高等学校培养出来的人才更能适应新世纪社会的需要。

环境科学介于基础学科与应用学科之间，是一门研究人类环境质量及其控制的新兴边缘学科。自20世纪60年代以来，环境科学发展甚为迅速，知识库急剧膨胀。为容纳新的理论和资料，教科书内容大大扩充与复杂化，为面向非环境类专业学生的教学带来了困难。基于目前环境科学的发展状况和教学工作的需要，本书提炼了环境科学关键领域的精华，去除了一些烦冗的专业理论与计算，以帮助非环境类专业学生以较少的学时完成环境科学的学习，掌握基本的环境科学知识。

本书的设计使学生能迅速地掌握环境科学关键知识，其编排形式新颖，便于学习和复习。全书内容分成多个较小的、便于操作的主题，覆盖了非环境类专业学生期望获取的知识点。在阐明每一个主题之前，先以“要点”开始，读者将很容易找到所需的信息。

本书由西安交通大学赵景联教授主持编写，其他参与编写的人员有梁勇、种法国、梁继东、孙亚萍、赵靓、白波和王新平。

西安建筑科技大学张希衡教授审阅了书稿，并提出了不少宝贵意见和建议。

本书在编写过程中，引用了大量国内外的文献资料，我们尊重资料作者的工作成果，在每一章后均列出引文出处以明示读者。在此，编者向所引参考文献的作者致以诚挚的谢意！

环境科学是一门新兴学科，它涉及的学科范围非常广泛，研究成果仍在不断丰富，其资料浩如烟海，限于编者的水平，书中难免有错误和不完善之处，恳请读者予以批评指正。

编者

目录

第2版前言

第1版前言

第1章 绪论	1
1.1 环境概述	1
1.2 环境问题	6
1.3 环境科学	17
思考题	30
参考文献	30
推介网址	31
第2章 生态学基础	32
2.1 生态学概述	32
2.2 生态系统	35
2.3 生态学在环境保护中的应用	54
思考题	72
参考文献	72
推介网址	73
第3章 大气污染及其控制技术	74
3.1 大气概述	74
3.2 大气污染	80
3.3 影响污染物在大气中扩散的因素	108
3.4 大气污染控制技术	116
思考题	150
参考文献	151
推介网址	151
第4章 水体污染及其控制技术	152
4.1 水环境概述	152
4.2 水体污染与自净	154
4.3 水质指标、水环境标准与水环境保护法规	161
4.4 污水处理基本方法与系统	165
4.5 污水的物理处理技术	167
4.6 污水的化学处理技术	176
4.7 污水的生物处理技术(一)——活性	

污泥法

4.8 污水的生物处理技术(二)——生物膜法	192
4.9 污水的生物处理技术(三)——厌氧生物处理法	195
4.10 污水的自然生物处理法	199
4.11 污泥的处理与处置	204
思考题	205
参考文献	206
推介网址	206

第5章 固体废物污染及其控制技术

5.1 固体废物概述	207
5.2 固体废物处理技术	216
5.3 固体废物处置技术	232
5.4 固体废物资源化技术	240
思考题	251
参考文献	251
推介网址	252

第6章 土壤污染及其控制技术

6.1 土壤概述	253
6.2 土壤环境污染	258
6.3 土壤环境污染的危害	263
6.4 土壤污染预防措施	271
6.5 污染土壤修复技术	273
思考题	294
参考文献	295
推介网址	295

第7章 物理性污染及其控制技术

7.1 噪声污染及其控制技术	296
7.2 振动公害污染及其控制技术	312
7.3 放射性污染及其控制技术	314
7.4 电磁辐射污染及其控制技术	322
7.5 光污染及其控制技术	328



7.6 热污染及其控制技术	330	思考题	409
思考题	334	参考文献	409
参考文献	334	推介网址	409
第 8 章 有毒化学物质污染及其控制		第 10 章 环境科学其他专题	410
技术	335	10.1 可持续发展理论	410
8.1 有毒化学物质概述	335	10.2 清洁生产	416
8.2 典型有毒化学物质的污染	342	10.3 环境材料	422
8.3 有毒化学物质污染的控制技术	358	10.4 循环经济	432
思考题	365	10.5 低碳经济理论	439
参考文献	365	思考题	448
推介网址	366	参考文献	448
第 9 章 环境质量评价与环境监测	367	推介网址	448
9.1 环境质量评价	367	附录 国外一些环境科学专题网址	449
9.2 环境监测	385		

绪论

[导读]：人类与其周围的环境组成了不可分割的互动体系，二者可谓休戚与共。自工业革命以来，人类文明迈上了高速发展的突破之路，人与自然和谐相处的良性链条却被强行割断。在享受着现代文明的效率与便捷之时，人类也为此付出了高昂的代价。越来越多的人从短期利益的迷梦中觉醒过来，开始意识到以牺牲环境求得发展的模式终归不是人类文明延续辉煌的长远之道。为此，体悟和谐之道的先行者们开始关注并投身于医治满目疮痍的地球，环境理论和污染治理技术不断取得进展和突破，一门新的学科——环境科学也就随之而诞生了。

[提要]：环境科学是研究人类社会发展活动与环境演化规律之间相互作用关系，寻求人类社会与环境协同演化、持续发展途径与方法的学科。本章第一部分简要介绍了环境的概念、分类、要素、结构与特点、系统、功能和基本特征等环境基本概念；第二部分简要介绍了环境问题的概念、分类、产生与发展、全球及中国的环境问题以及解决环境问题的根本途径；第三部分主要介绍了环境科学的概念、研究对象、研究任务、分支、系统、原理、研究方法及其产生与发展。

[要求]：通过本章的学习，了解环境基本概念、环境问题及解决环境问题的途径和环境科学的基本概念，引领本课程的学习。

1.1 环境概述

1.1.1 环境的概念

“环境 (Environment)”是一个应用广泛的名词或术语，它的含义和内容极其丰富，又随各种具体状况而不同。从哲学上来说，环境是一个相对于主体而言的客体，它与其主体相互依存，它的内容随着主体的不同而不同。这样，在不同的学科中，环境一词的科学定义也不尽相同，其差异源于主体的界定。对于环境科学而言，“环境”的定义应是“以人类社会为主体的外部世界的总体”。这里所说的外部世界，主要指人类已经认识到的，直接或间接影响人类生存与社会发展的周围事物。它既包括未经人类改造过的自然界众多要素，如阳光、空气、陆地（山地、平原等）、土壤、水体（河流、湖泊、海洋等）、天然森林和草原、野生生物等；又包括经过人类社会加工改造的自然界，如城市、村落、水库、港口、公路、

铁路、空港、园林等。它既包括这些物质性的要素，又包括由这些要素所构成的系统及其所呈现出的状态。目前，还有一类为适应某些方面工作的需要，而给“环境”下的定义，它们大多出现在世界各国颁布的环境保护法规中。例如，《中华人民共和国环境保护法》中明确规定：“本法所称环境，是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等”。这是一种把环境中应当保护的要素或对象界定为环境的一种工作定义，其目的是从实际工作的需要出发，对环境一词的法律适用对象或适用范围做出规定，以保证法律的准确实施。

1.1.2 环境的分类

环境是一个非常复杂的体系，目前尚未形成统一的分类方法。一般按照环境的主体、环境的范围、环境的要素、人类对环境的利用或环境的功能进行分类。

(1) 按照环境的主体分类 此种分类目前有两种体系。一种是以人或人类作为主体，其他生命物体和非生命物质都被视为环境要素，即环境指人类生存的环境，或称人类环境 (Human environment)。在环境科学中，大多数人采用这种分类法。另一种是以生物体 (界) 作为环境的主体，不把人以外的生物看成环境要素。在生态学中往往采用这种分类法。

(2) 按照环境的范围大小分类 此种分类比较简单。如把环境分为特定空间环境 (如航空、航天的密封舱环境等)、车间环境 (劳动环境)、生活区环境 (如居室环境、院落环境等)、城市环境、区域环境 (如流域环境、行政区域环境等)、全球环境和星际环境等。

(3) 按照环境要素分类 此种分类则比较复杂。如按环境要素的属性可分成自然环境 (Natural environment) 和社会环境 (Social environment) 两类。目前地球上的自然环境，虽然由于人类活动而产生了巨大变化，但仍按自然的规律发展着。在自然环境中，按其主要的环境组成要素，可再分为大气环境、水环境 (如海洋环境、湖泊环境等)、土壤环境、生物环境 (如森林环境、草原环境等)、地质环境等。社会环境是人类社会在长期的发展中，为了不断提高人类的物质和文化生活水平而创造出来的。社会环境常按人类对环境的利用或环境的功能再进行下一级的分类，分为聚落环境 (如院落环境、村落环境、城市环境)、生产环境 (如工厂环境、矿山环境、农场环境、林场环境、果园环境等)、交通环境 (如机场环境、港口环境)、文化环境 (如学校及文化教育区、文物古迹保护区、风景游览区和自然保护区) 等。

1.1.3 环境要素

构成环境整体的各个独立的、性质不同而又服从总体演化规律的基本物质组分称为环境要素 (Environment element)，亦称环境基质。环境要素分为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。环境要素主要包括水、大气、生物、土壤、岩石和阳光等要素，由它们组成环境的结构单元，环境的结构单元组成环境整体或环境系统。如由水组成水体，全部水体总称为水圈；由大气组成气层，全部气层总称为大气圈；由土壤构成农田、草地和林地等，由岩石构成岩体，全部土壤和岩石构成固体壳层—岩石圈或土壤—岩石圈；由生物体组成生物群落，全部生物群落集称为生物圈。

环境要素具有一些非常重要的特点。它们不仅体现着各环境要素间互相联系、互相作用



的基本关系，而且是认识环境、评价环境、改造环境的基本依据。这些特点是：

1) 最小限制律。该定律是指“整体环境的质量，不能由环境诸要素的平均状况去决定，而是受环境诸要素中那个与最优状态差距最大的要素所控制”。这是针对环境质量而言的。

2) 等值性。无论各个环境要素本身在规模上和数量上如何不相同，但只要是一个独立的要素，那么它们对环境质量的限制作用并无质的差别。任何一个环境要素，只有处于最差状态，对于环境质量的限制具有等值性。

3) 环境的整体性大于环境诸要素的个体和。环境诸要素互相联系、互相作用产生的整体效应，是个体效应基础上质的飞跃。

4) 各环境要素互相联系。环境诸要素在地球演化史上出现的顺序虽然有先后之别，但它们是相互联系、相互制约和相互依赖的。从地球演化的角度来看，某些要素孕育着其他要素。例如，岩石圈的形成成为大气的出现提供了条件；岩石圈和大气圈的存在，又为水的产生提供了条件；岩石圈、大气圈和水圈又孕育了生物圈。

1.1.4 环境结构

环境要素的配置关系称为环境结构 (Environment structure)。环境结构表示环境要素是怎样结合成一个整体的。环境的内部结构和相互作用直接制约着环境的物质交换和能量流动的功能。人类赖以生存的环境包括自然环境和社会环境两大部分，各自具有不同的结构和特点。

1) 自然环境结构。自然环境是指环绕于人类周围的各种自然因素的总和。它在人类出现以前便已存在，并已经历了漫长的发展过程。自然环境由空气、水、土壤、阳光和各种矿物质资源等非生物因素所组成，一切生物离开了它就不能生存。目前人类活动的自然环境即生物圈，主要限于地壳表层和围绕它的大气层的一部分，一般包括海平面以下约 12km 到海平面以上约 10km 的范围。对庞大的地球（赤道半径为 6378km，极半径为 6357km）而言，仅仅是靠近地壳（地壳厚度各处不一，大陆地壳厚度平均为 35km，海底地壳平均厚度为 6km）表面薄薄的一层而已。自然环境除上述的非生物因素以外，还有动物、植物和微生物等生物因素。目前环境科学研究主要集中于自然环境中的生物圈这一层。

2) 社会环境结构。社会环境是指人类长期生产活动的结果。人类在长期发展过程中，不断地提高科学技术和物质文化生活水平，并创造了城市、工矿区、村落、道路、农田、牧场、林场、港口、旅游胜地等人工环境因素，形成了人类的社会环境。

1.1.5 环境结构的特点

从全球环境而言，环境结构的配置及其相互关系具有圈层性、地带性、节律性、等级性、稳定性和变异性等特点。

1) 圈层性。在垂直方向上，整个地球环境的结构具有同心球状的圈层性。在地壳表层分布着土壤-岩石圈、水圈、生物圈、大气圈。在这种格局支配下，地球上的环境系统，与这种圈层性相适应。地球表面是土壤-岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的交汇之处。这个无机界和有机界交互作用最集中的区域，为人类的生存和发展提供了最适宜的环境。另外，球形的地表使各处的重力作用几乎相等，这对于植物的引种和传播，动物的活动和迁移，乃至环境系统的稳定和发展均产生着积极的作用。

2) 地带性。在水平方向上, 由于球面的地表各处位置、曲率和方向的不同, 使地表得到的太阳辐射能量密度存在地区差异, 因而产生了与纬线相平行的地带性结构格局。

3) 节律性。在时间上, 任何环境结构都具有谐波状的节律性。地球形状和运动的固有性质在随时间变化的过程中都具有明显的周期节律性, 这是环境结构叠加上时间因素的四维空间的表现。如地表上各处(除极地在某些时间段内)的昼夜交替现象, 这种往复过程的影响, 使白日生物量增加, 夜晚减少; 白日近地面空气中二氧化碳含量减少, 夜晚增加。太阳辐射能、空气温度、水分蒸发、土壤呼吸强度、生物活动的日变化等, 都是这种节律性的体现。在较大的时间尺度上, 有一年四季的交替变化等。

4) 等级性。在有机界的组成中, 依照食物摄取关系, 在生物群落的结构中具有阶梯状的等级性。地球表面的绿色植物利用环境中的太阳辐射能、 H_2O 和 CO_2 , 通过光合作用生成碳水化合物; 这种有机物质的生产者被高一级的消费者草食动物所取食; 而草食动物又被更高一级的消费者肉食动物所取食。动植物死亡后, 又由数量众多的各类微生物分解成为无机成分, 形成了一条严格有序的食物链结构。这种结构制约并调节生物的品种和数量, 影响生物的进化以及环境结构的形态和组成方式。这种在非同一水平上进行的物质能量的统一传递过程, 使环境结构表现出等级性的特点。

5) 稳定性和变异性。环境结构具有相对的稳定性、永久的变异性 and 有限的调节能力。任何一个地区的环境结构都在不断地变化。在人类出现以前, 只要环境中某一个要素发生变化, 整个环境结构就会相应地发生变化, 并在一定限度内自行调节, 在新条件下达到平衡。人类出现以后, 尤其是在现代生产活动日益发展, 人口压力急剧增长的条件下, 对于环境结构的变动, 无论在深度上、广度上, 还是在速度上、强度上, 都是空前的。从环境结构本身来看, 虽然具有自发的趋稳性, 但是环境结构总是处于变化之中。

1.1.6 环境系统

地球表面各种环境要素或环境结构及其相互关系的总和称为环境系统 (Environmental system)。环境系统概念的提出, 是把人类环境作为一个统一的整体看待, 避免人为地把环境分割为互不相关、支离破碎的各个组成部分。环境系统的内在本质在于各种环境要素之间的相互关系和相互作用过程。揭示这种本质, 对于研究和解决当前许多环境问题有重大的意义。环境系统和生态系统两个概念的区别是: 前者着眼于环境整体, 而后者侧重于生物彼此之间及生物与环境之间的相互关系。环境系统和人类生态系统两个概念相近似, 但后者突出人类在环境系统中的地位和作用, 强调人类同环境之间的相互关系。

1.1.7 环境的功能

根据环境概念的界定, 各种环境要素都是人类所需要的资源。环境的功能 (Environmental function) 首先是为人类生存提供所需要的资源。如岩石圈一方面为人类提供大量的矿产资源, 另一方面, 地表的土壤又为人类所需食物的生产提供了农作物生长所需的条件: 生物圈不仅提供了食物、药材和大量的工业原料, 同时, 生物圈的生物多样性又为保护人类生存环境的质量提供着各种服务; 水是人类生存的一种必需资源, 洁净的空气也是宝贵的资源等。

(1) 环境具有调节功能 (Regulatory function) 自然环境的各要素中, 无论是生物圈、



水圈还是大气圈或岩石圈，都是变化着的动态系统和开放系统，各系统间都存在着物质和能量的交换及流动，在一定的时空尺度内，环境在自然状态下通过调节作用，使系统的输入和输出相等，这时就出现一种动态的平衡过程，人们称之为环境平衡或生态平衡。当外部干扰影响了环境系统的输入和输出时，譬如，环境系统中能量的输出大于输入，就会造成环境系统的失衡，相应地会引起环境问题。

(2) 环境具有服务功能 (Service function) 实际上，自然资源和自然生态环境的具体体现形式是各类生态系统，所以，它们都是生命的支持系统，如森林、草地、海洋、河流、湖泊等。它们对人类的贡献不仅仅是提供着大量的食物、药材、各类生产和生活资料，而且还为人类提供着许多服务，如调节气候、净化环境、减缓灾害、为人们提供休闲娱乐的场所等。生态系统的这些服务功能是人类自身所不能替代的。美国“生物圈二号”的科学实验也证明，在现有的技术条件下还无法模拟出一个可供人类生存的生态系统。

(3) 环境具有文化功能 (Cultural function) 人类社会的进步是物质文明与精神文明的统一，同时也是人与自然和谐的统一。人类的文化、艺术素质是对自然环境生态美的感受和反应。从时间序列看，自然美比人类存在更早，它是自然界长期协同进化的结果。秀丽的名山大川、众多的物种及其和谐而奥妙的内在联系，使人类领悟到自然界中充满着美的艺术和无限的科学规律。自古以来，对自然美的创造和欣赏，一直是人类生活的重要内容，是自然使人类在整体和人格上得到发展与升华。而各地独特的自然环境塑造了各民族的特定性格、习俗和民族文化。优美的自然环境又是艺术家们艺术创作和美学倾向的源泉，蕴含着科学和艺术的真谛，给人类无穷无尽的文化艺术和科学奉献。这就是环境的整体文化功能最本质的概况。

1.1.8 环境的基本特性

环境的基本特性 (Environmental characteristics) 可概括为以下五个方面：

1) 环境的整体性 (The integrity of the environment)。环境是一个系统。自然环境的各要素间存在着紧密的相互联系、相互制约的关系。局部地区的污染或破坏，总会对其他地区造成影响和危害。所以人类的生存环境及其保护，从整体上看是没有地区界线、省界和国界的。

2) 环境资源的有限性 (The limitations of environmental resources)。环境是资源，但这种资源不是无限的。环境中的自然资源可分为非再生资源 and 可再生资源两大类。前者指一些矿产资源，如铁、煤炭等。这类资源随着人类的开采其储量不断减少。生物属可再生资源，如森林生态系统的树木被砍伐后还可以再生。水域生态系统中只要捕获量适度并保证生存环境不被破坏，就可以源源不断地向人类提供鱼类等各种水产品。但由于受各种因素（如生存条件、繁衍速度、人类获取的强度等）所制约，在具体时空范围内，对人类来说，各类资源都不可能是无限的。水是可以循环的，也属可再生资源。但因其大部分的循环更替周期太长，加之区域分布不均匀和季节降水差异性大，淡水资源已出现危机。就是洁净的新鲜空气也并非取之不尽的。据美国公共卫生局的统计，为解决空气污染所付出的总开支大约每人每年 60 美元，这意味着在许多大气污染比较重的地区，为了健康，有的人不得不为净化空气付出投资。

3) 环境的区域性 (The environment of the regional)。这是自然环境的基本特征。由于纬

度的差异,地球接受的太阳辐射能不同,热量从赤道向两极递减,形成了不同的气候带。即便是同一纬度,因地形高度的不同,也会出现地带性差异。一般说来,距海平面一定高度内,地形每升高100m,气温下降 $0.5\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。经度也有地带性差异,这是由地球内在因素造成的。如受海、陆分布格局和大气环流特点的影响,我国就形成了自东南沿海的湿润地区向西北内陆的半湿润地区、半干旱和干旱地区的有规律的变化。不同区域自然环境的这种多样性和差异性具有特别重要的生态学意义,它是自然资源多样性的基础和保证。因此,保护生态环境的多样性不仅保护了自然环境的整体性,同时为自然资源的永续利用提供了基本的物质保证。

4) 环境的变动性和稳定性 (Volatility and stability of the environment)。环境的变动性是指环境要素的状态和功能始终处于不断变化中。如从大的时间尺度看,今天人类的生存环境与早期人类的生存环境有很大差别。从小的时间尺度看,我们生活的区域环境的变化更是显而易见。因此,环境的变动性就是自然的、人为的或两者共同作用的结果。但在一定的时间尺度或条件下,环境又有相对稳定的特性。所谓稳定性,其实质就是环境系统对超出一定强度的干扰的自我调节,使环境在结构或功能上基本无变化或变化后得以恢复。环境的稳定性和变动性是相辅相成的,变动是绝对的,稳定是相对的:没有变动性,环境系统的功能就无法实现,生物的进化和生物的多样性就不会存在,社会的进步就不能实现。但没有环境的稳定性,环境的结构和功能就不会存在,环境的整体功能就无法实现。

5) 危害作用的时滞性 (The harmful effects of time lag)。自然环境一旦被破坏或被污染,许多影响的后果是潜在、深刻和长期的。例如,一片森林被砍伐后,对区域气候的明显影响能被人们立即和直接感受到。而对于由此而引发的其他许多影响,一是不能很快反映出来,如水土流失将会加剧;二是对其影响的范围和放大程度还很难认识清楚,如生物多样性的改变等;三是恢复时间较长。污染的危害也是如此。日本汞污染引发的水俣病是污染排放后20年才显现出来的。污染危害的这种时滞性,一是由于污染物在生态系统各类生物中的吸收、转化、迁移和积累需要时间;二是与污染物的化学性质有关,如半衰期的长短、化学物质的寿命等。人类合成的用作制冷剂的氟氯碳化物 (CFCs) 类化学物质,是能破坏臭氧层的化学制剂,它们的存留期平均在90年左右。这意味着,即使人类现在停止使用,这些污染物还将在大气层中存在很长一段时间,并将继续对臭氧层构成破坏。

20世纪80年代开始,人们对环境的资源功能的认识有了很大进步,开始认识到环境价值的存在。到20世纪90年代,环境资源价值性的研究成为环境科学的热点,是现代环境科学的一个重要标志。它的意义首先在于,人们承认了环境资源并非是取之不尽、用之不竭的,树立了珍惜资源的意识,促进了科学技术的发展;其二,认识到了良好的生态环境条件是社会经济发展的必要条件,增强了环境保护的意识。

1.2 环境问题

1.2.1 环境问题的概念

环境问题 (Environmental problems) 就其范围大小而论,可从广义和狭义两个方面理解。从广义理解,由自然力或人力引起生态平衡破坏,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，都是环境问题；从狭义理解，是指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。

三四十年前，人们对环境问题的认识只局限在环境污染或公害方面，因此那时把环境污染 (Environmental pollution) 等同于环境问题，而地震、水、旱、风灾等则为自然灾害 (Natural hazard)。可是近几十年来自然灾害发生的频率及受灾的人数都在增加。以水灾为例，全世界 20 世纪 60 年代平均每年受水灾人数为 244 万人，而 70 年代则为 1540 万人，即受水灾人数增加为原来的 6.3 倍。1998 年夏季，中国南方出现罕见的多雨天气。持续不断的大雨以逼人的气势铺天盖地地压向长江，使长江无须喘息之机地经历了自 1954 年以来的最大洪水。加上东北的松花江、嫩江泛滥，包括受灾最重的江西、湖南、湖北、黑龙江四省，共有 29 个省、市、自治区都遭受了这场无妄之灾，受灾人数上亿，近 500 万所屋倒塌，2000 万 ha[⊖] 土地被淹，经济损失达 1600 多亿元人民币。2013 年“雾霾 (Fog haze)” 成为中国年度关键词。这一年的 1 月，4 次雾霾过程笼罩 30 个省 (区、市)，在北京，仅有 5 天不是雾霾天。有报告显示，中国最大的 500 个城市中，只有不到 1% 的城市达到世界卫生组织推荐的空气质量标准，与此同时，世界上污染最严重的 10 个城市有 7 个在中国。这些都是由人类活动引起的自然灾害，也都是环境问题。

1.2.2 环境问题的分类

从引起环境问题的根源考虑，可以将环境问题分为两类。由自然力引起的为原生环境问题，又称第一类环境问题 (Primary environmental problems)，它主要指火山活动、地震、台风、洪涝、干旱、滑坡等自然灾害问题。对于这类环境问题，目前人类的抵御能力还很脆弱。由人类活动引起的为次生环境问题，也叫第二类环境问题 (Secondary environment problem)，它又可分为环境污染 (Environmental pollution) 和生态环境破坏 (Ecological environmental destruction) 两类。

1) 环境污染是指人类活动产生并排入环境的污染物或污染因素超过了环境容量 (Environment capacity) 和环境自净能力 (Self-purification ability of environment)，使环境的组成或状态发生了改变，环境质量恶化，从而影响和破坏了人类正常的生产和生活。例如工业“三废”排放引起的大气、水体、土壤污染。

2) 生态环境破坏是指人类开发利用自然环境和自然资源的活动超过了环境的自我调节能力，使环境质量恶化或自然资源枯竭，影响和破坏了生物正常的发育和演化，以及可更新自然资源的持续利用。例如砍伐森林引起的土地沙漠化、水土流失、一些动植物物种灭绝等。

有时把污染和生态破坏统称为环境破坏，有的国家则统称为环境公害 (Environmental hazards)。环境问题的分类如图 1-1 所示。

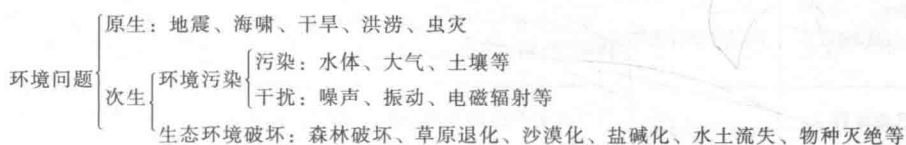


图 1-1 环境问题的分类

⊖ ha (公顷), 1ha = 10⁴ m²。

原生和次生两类环境问题都是相对的。它们常常相互影响,重叠发生,形成所谓的复合效应。例如,大面积毁掉森林可导致降雨量减少;大量排放 CO₂ 可使温室效应加剧,使地球气温升高、干旱加剧。目前,人类对第一类环境问题尚不能有效防治,只能侧重于监测和预报。

1.2.3 环境问题的产生与发展

环境问题是伴随着人类的出现,生产力的发展和人类文明的进步而产生的,并从小范围、低程度危害,发展到大范围、对人类生存环境造成不容忽视的危害;即由轻度污染、轻度破坏、轻度危害向重度污染、重度破坏、重度危害方向发展。依据环境问题产生的先后和轻重程度,环境问题的产生和发展大致可分为生态环境的早期破坏阶段、近代城市环境问题阶段与当代环境问题阶段三个阶段。

1) 生态环境的早期破坏阶段。这个阶段从人类出现开始直到工业革命,跟后两个阶段相比,是一个漫长的时期。但总的说来,这一阶段的人类活动对环境的影响还是局部的,没有达到影响整个生物圈的程度。

2) 近代城市环境问题阶段。这个阶段从工业革命开始到 20 世纪 80 年代发现南极上空的臭氧洞为止。工业革命(从农业占优势的经济向工业占优势的经济的迅速过渡)是世界史上一个新时期的起点,此后的环境问题也开始出现新的特点并日益复杂化和全球化。这一阶段的环境问题与工业和城市同步发展,同时伴随着严重的生态破坏。世界著名的“八大公害事件”大多发生在本阶段,见表 1-1。

表 1-1 世界著名的“八大公害事件”

事件和地点	时间	概况	主要原因
马斯河谷事件 比利时马斯河谷工业区	1930 年 12 月初	出现逆温、浓雾,工厂排出有害气体在近地层积累,一周内约 60 多人死亡	刺激性化学物质损害呼吸道
多诺拉事件 美国工业区	1948 年 10 月底	受反气旋逆温控制,污染物积累不散,4 天内死亡约 17 人,病 5900 人	主要为 SO ₂ 及其氧化产物损害呼吸系统
伦敦烟雾事件	1952 年 12 月初	浓雾不散,尘埃浓度 4.46mg/cm ³ ,SO ₂ 质量分数为 1.34×10 ⁻⁶ ,3 天内死亡 4000 人	尘埃中的 Fe ₂ O ₃ 等金属化合物催化 SO ₂ 转化成硫酸烟雾
洛杉矶光化学烟雾 美国洛杉矶	1946~1955 年	城市保有汽车 250 万辆,耗油 1600 万 L/日,1955 年事件中,65 岁以上的老人死亡约 400 人,刺激眼睛,损害呼吸系统	HCN、NO _x 、CO 等汽车排放物在日光下形成以 O ₃ 为主,并伴有醛类、过氧硝酸酯等污染物
水俣事件 日本熊本县水俣市	1953~1956 年	动物与人出现语言、动作、视觉等异常,死 60 余人,病约 300 人	化工厂排出含汞废水,无机汞转化为有机汞,主要是甲基汞,通过食物链转移、浓缩
痛痛病事件 日本富山县神通川下游	1955~1972 年	矿山废水污染河水,居民骨损害、肾损害,疼痛,死 81 人,患者 130 余人	铅锌冶炼厂排出的含镉废水,污染稻米,危害人群
四日市哮喘事件 日本四日市	1961~1972 年	日本著名的石油城,哮喘发病率高,患者 800 余人	降尘酸性高,SO ₂ 浓度高,导致呼吸系统受损
米糠油事件 日本北九州爱知县	1968 年	食用米糠油后中毒,死 16 人,患者 5000 余人	生产米糠油过程中多氯联苯作为脱臭工艺中的热载体,混入米糠油中



3) 当代环境问题阶段。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 (Ozone hole)”开始,人类环境问题发展到当代环境问题阶段。这一阶段环境问题主要集中在酸雨 (Acid rain)、臭氧层 (Ozone layer) 破坏和全球变暖 (Greenhouse effect) 三大全球性大气环境问题上。与此同时,发展中国家的城市环境问题和生态破坏、一些国家的贫困化愈演愈烈,水资源短缺在全球范围内普遍发生,其他资源 (包括能源) 也相继出现将要耗尽的信号。环境污染与公害发生的频率与强度越来越严重,表1-2列出了近40年发生的严重公害事件次数和公害病人数。

表 1-2 近 40 年发生的严重公害事件

事件	发生时间	发生地点	产生危害	产生原因
阿摩柯卡的斯油轮泄油事件	1978年3月	法国西北部布列塔尼半岛	藻类、湖间带动物、海鸟灭绝	油轮触礁, 2.2×10^5 t 原油入海
三哩岛核电站泄漏事件	1979年3月	美国宾夕法尼亚州	直接损失超过10亿美元	核电站反应堆严重失水
威尔士饮用水污染事件	1985年1月	英国威尔士州	200万居民饮用水污染,44%人中毒	化工公司将酚排入迪河
墨西哥油库爆炸事件	1984年11月	墨西哥	4200人受伤,400人死亡,10万人要疏散	石油公司油库爆炸
博帕尔农药泄漏事件	1984年12月	印度中央邦博帕尔市	2万人严重中毒,1408人死亡	45t 异氰酸甲酯泄漏
切尔诺贝利核电站泄漏事件	1986年4月	乌克兰	203人受伤,31人死亡,直接经济损失30亿美元	4号反应堆机房爆炸
莱茵河污染事件	1986年11月	瑞士巴塞尔市	事故段生物绝迹,160km内鱼类死亡,480km内的水不能饮用	化学公司仓库起火,30t 硫、磷、汞等剧毒物进入河流
莫农格希拉河污染事件	1988年11月	美国	沿岸100万居民生活受严重影响	石油公司油罐爆炸, 1.3×10^4 m ³ 原油进入河流
埃克森瓦尔迪兹油轮泄漏事件	1989年3月	美国阿拉斯加	海域严重污染	漏油 4.2×10^4 t

为了解决环境恶化这个全球性的问题,1992年6月3日至14日,联合国环境与发展大会在巴西的里约热内卢举行,会议通过了《里约宣言》和《21世纪议程》两个纲领性文件以及关于森林问题的原则性声明。这是联合国成立以来规模最大、级别最高、影响最为深远的一次国际会议。它标志着人类在环境和发展领域自觉行动的开始,可持续发展已经成为人类的共识。人类开始学习掌握自己的发展命运,摒弃了那种不考虑资源、不顾及环境的生产技术和发展模式。

1.2.4 全球环境问题

当前人类所面临的主要问题是人口问题、资源问题、生态破坏和环境污染。它们之间相互关联、相互影响,成为当今世界环境科学所关注的主要问题。