

系统工程系列教材

环境系统工程

薛惠锋 董会忠 宋红丽 解丹蕊 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

西北工业大学校级规划教材

环境系统工程

薛惠锋 董会忠 宋红丽 解丹蕊 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书在环境科学的基础上,利用系统工程的原理和方法,研究人类发展与环境保护之间的关系。全书共 12 章,围绕认知环境系统工程、环境系统工程理论、环境系统工程模型以及环境系统工程的管理实践等 4 个方面展开论述。

图书在版编目(CIP)数据

环境系统工程/薛惠锋等编著. —北京:国防工业出版社,2008.12

(系统工程系列教材)

ISBN 978-7-118-05548-1

I. 环... II. 薛... III. 环境工程:系统工程—教材
IV. X192

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 187696 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14½ 字数 332 千字

2008 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

作为人类生存和发展的载体,自然环境在人类文明的演化过程中自始至终扮演着无可替代的角色。人类从大自然中获取生存与发展的各种资源,并把各种废弃物排放到自然界。在文明尚不发达的时代,人类对自然界影响很小,人类与自然能够和谐共处。但是,当人类社会进入农业时代后,生态环境便开始遭到破坏。由于过度毁林种田,致使大片的沃土变成了不毛之地。到了18世纪,随着工业化的兴起,城市化的发展以及科学技术的不断进步,使人类的生活水平大为提高,但是也埋下了对人类生存和发展的潜在威胁。工业社会是建立在大量消耗自然资源的基础上,并且对环境造成的污染已经远远超出环境自身的承载能力,环境危机已经严重影响到人类的生存与发展。面对日益严峻的环境问题,人类不得不反思过去,谋划未来的发展。消除污染,改善环境成为当今世界的共识。

本书在环境科学的基础上,利用系统工程的原理和方法,研究人类发展与环境保护之间的关系。全书共12章,围绕认知环境系统工程、环境系统工程理论、环境系统工程模型以及环境系统工程的管理实践等4个方面展开论述。

第1章、第2章主要从认知环境系统工程的角度,论述了人类与环境发展的历史渊源,介绍了人类生存的自然环境的概念、分类及其结构,阐述了当今环境问题的演变历史、成因及其本质,并对我国的环境问题进行了探讨。该部分还介绍了古今中外环境系统思想的发展。

第3章~第9章着重围绕着环境系统工程的基础理论和模型,用系统工程的研究思路,即系统分析—系统建模—系统预测—系统规划与控制来分析和研究环境系统的具体内容。第3章介绍了环境系统工程的理论基础、研究的对象、任务和内容,并介绍了环境系统工程的学科构成,为后续的研究提供了基础和框架;第4章~第8章则对环境系统的分析、建模、质量分析、影响评价以及环境系统的优化与控制进行了详细的论述,这是环境系统工程的核心内容;第9章重点阐述了近年来对环境系统承载力理论的研究和发展,这是环境系统工程的前沿理论。

第10章~第12章从管理学的角度分别介绍了可持续发展理论和清洁生产理论产生、发展的过程及其在实践当中的应用,环境系统管理的原则、内容和手段,并详细阐述了涉及环境系统管理的政策体系和法律法规体系。该部分内容是对环境系统工程理论的实践与应用。

本教材在编写过程中力求逻辑清晰,结构合理,重点突出,特色鲜明,具体体现在以下方面。

(1) 突出环境可持续发展的主题。环境系统结构复杂,影响因素众多。作为教材,本

书紧紧围绕环境可持续发展的客观规律,着重探讨环境系统的分析、预测、规划和控制,揭示了环境与经济之间既相互制约又相互促进的复杂关系。

(2) 把研究对象(环境)作为一个系统,按照系统科学的思维方式展开论述,侧重于环境系统的结构与功能、状态与过程、目标与方案的有机结合,从环境系统的整体出发,诠释环境系统发展的客观规律。

(3) 注重方法和手段的运用。由于环境系统的变化规律异常复杂,用一般性的文字叙述难以说清其规律。为此,相关学者运用大量的数学工具以及环境科学的基础理论来建立指标体系和数学模型,进行定性化和定量化分析。本教材避开复杂数学公式的推导,着重论述其具体涵义及在实践中的使用方法。

本书编写分工如下:薛惠锋教授(博导)编写大纲,并编写了本书第3、9、12章;董会忠博士编写了第5、6、7、8章;宋红丽博士(山东理工大学)编写了第1、2、4章;解丹蕊博士编写了第10、11章。

在本书的编写过程中,薛青、刘蕊、王媛媛、陈永霞和王海宁硕士等参与了本书的文字整理工作,同时本书也得到了西北工业大学自动化学院的老师、博士和硕士生们的大力支持和配合,在此深表感谢!

在编写过程中我们参阅了相关专家学者的论著、论文以及相关的研究成果,谨向他们致以诚挚的谢意!

由于环境系统工程是一门发展过程中的新兴交叉学科,许多相关的理论和方法尚在探索中,加之作者学识和经验等方面的不足,教材中还有尚待完善之处,恳请广大读者、同行专家学者批评指正!

编者

目 录

第 1 章 人类与环境的历史渊源	1
1.1 环境概述	1
1.2 环境问题	6
1.3 我国环境问题的成因及对策	16
思考题	19
第 2 章 环境系统思想的发展	20
2.1 中国古代环境系统思想	20
2.2 西方古代环境系统思想	22
2.3 近现代环境系统思想的发展	25
思考题	29
第 3 章 环境系统工程概述	30
3.1 系统和系统工程	30
3.2 环境系统和环境系统工程	33
3.3 环境系统工程研究的对象、任务和内容	36
3.4 环境系统研究的方法和程序	37
3.5 环境系统工程学科框架	41
思考题	45
第 4 章 环境系统分析与建模	46
4.1 系统分析概述	46
4.2 系统分析的步骤	49
4.3 系统的模型化	50
4.4 环境系统分析	54
4.5 环境问题的费用—效益分析	56
思考题	59
第 5 章 环境质量评价	60
5.1 概述	60
5.2 环境质量评价方法	64
5.3 环境质量的现状评价	73
思考题	75

第 6 章 环境影响评价	76
6.1 概述	76
6.2 环境影响评价类型	81
6.3 环境影响评价程序	84
6.4 环境影响评价方法	86
6.5 环境影响评价制度及其法律依据	87
6.6 环境影响评价的标准体系	90
6.7 环境影响综合评价方法	92
思考题	96
第 7 章 环境系统预测	97
7.1 预测的基础理论	97
7.2 环境系统的预测	112
7.3 大气污染预测方法	115
7.4 水污染预测方法	120
7.5 地下水污染预测	128
思考题	139
第 8 章 环境系统的规划与控制	140
8.1 环境系统规划的概念	140
8.2 环境系统规划的基础理论	141
8.4 环境系统优化模型研究进展	147
8.5 环境规划的类型	148
8.6 环境系统的优化控制	149
8.7 环境系统控制原理的应用	152
思考题	157
第 9 章 环境系统承载力理论	158
9.1 环境承载力概念和内涵	158
9.2 影响区域环境承载力的因素分析	163
9.3 区域环境承载力的概念模型	165
9.4 区域环境承载力指标体系的构建	168
思考题	172
第 10 章 环境系统与可持续发展理论	173
10.1 可持续发展的定义和内涵	173
10.2 可持续发展指标体系	178
10.3 可持续发展指标体系的框架及其类型	181
10.4 中国和环境方面的可持续发展战略	185

思考题.....	190
第 11 章 清洁生产理论与实践	191
11.1 清洁生产的概念.....	191
11.2 推行清洁生产的意义.....	193
11.3 实施清洁生产的主要途径.....	196
11.4 国外清洁生产的经验.....	198
思考题.....	202
第 12 章 环境系统的管理	203
12.1 环境管理综述.....	203
12.2 环境法体系.....	209
12.3 环境政策.....	219
思考题.....	223
参考文献.....	224

第1章 人类与环境的历史渊源

人类是环境的产物，又是环境的创造者。人类从诞生的那一天起就与周围的自然环境有着密切的关系。一方面，人类的生存和发展需要从自然界中获取物质和能量，并将废弃物排放到环境当中；另一方面，环境的变化对人类的生存和发展又起着制约作用，甚至会威胁到人类的生存。人类社会发展到今天，科技进步促进了生产力水平的极大提高，物质财富空前繁荣。人们在享受发达的物质文明的同时，也面临着环境破坏带来的生存危机，人类活动对大自然的干扰已经使人类生存的环境不堪重负，全球变暖、酸雨、臭氧层破坏、水资源匮乏、矿产资源枯竭、生物多样性锐减等环境问题已经严重威胁着世界经济发展、人类健康和社会安全，世界范围的环境危机正使人类面临严峻的挑战。社会经济与资源环境的可持续发展已经成为世界各国普遍关注和亟待解决的重大命题。

1.1 环境概述

1.1.1 环境概念的界定

所谓环境(environment)，是指某一特定生物体和生物群落以外的空间以及直接或间接影响该生物群体生存的一切事物的总和。环境总是针对某一特定主体或中心而言的，是一个相对的概念，它以某项中心事物作为参照系，因中心事物的不同而不同，随中心事物的变化而变化，中心事物与环境之间存在着对立统一的相互关系，离开了这个主体或中心也就无所谓环境。在环境科学中，环境科学家们一般将环境的涵义概括为“以人类社会为主体的外部世界的总和”。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发展的周围事物。它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)、森林、草原和野生动物等；又包括经过人类加工改造过的自然界，如城市、村落、水库、港口、公路、铁路、航空港、园林等。它既包括这些物质的要素，又包括由这些要素所构成的系统及其所呈现的状态。

环境有大小之别，大到整个宇宙，小至基本粒子。例如，对太阳系中的地球而言，整个太阳系就是地球生存和运动的环境；对栖息于地球表面的动植物而言，整个地球表面就是它们生存和发展的环境；对于某个具体生物群落来讲，环境是指所在地段上影响该群落发生发展的全部无机因素(光、热、水、土壤、大气、地形等)和有机因素(动物、植物、微生物及人类)的总和。总之，环境这个概念既是具体的，又是相对的。讨论环境时要包含特定的主体，离开了主体的环境是没有内容的，同时也是毫无意义的。主体的不同或者不明确，往往是造成对环境分类及环境因素分类不同的一个重要原因。

1.1.2 环境的分类

环境是一个非常复杂的体系，至今尚未形成统一的分类系统。一般可按环境的主体、环境性质、环境的范围等进行分类(图 1-1)。

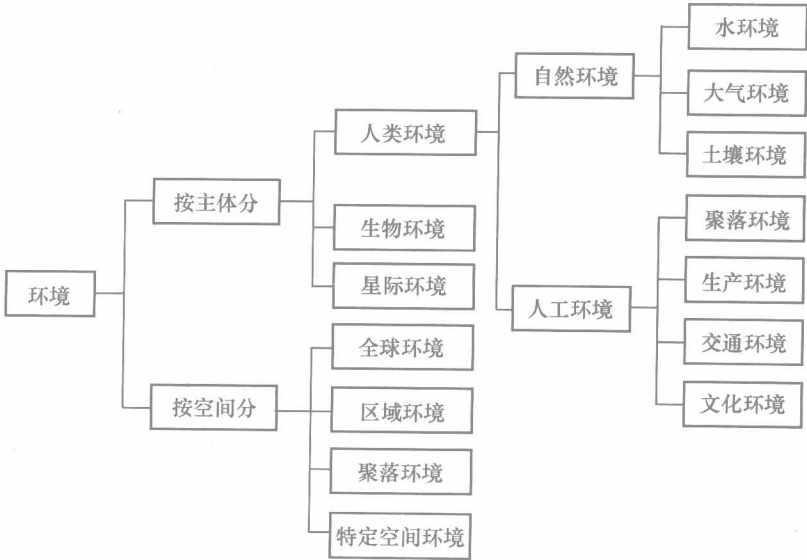


图 1-1 环境类型图

按环境的主体，目前有两种体系：①以人为主体的，其它的生命物质和非生命物质都被视为环境要素，这类环境称为人类环境。在环境科学中，多数学者都采用这种分类的方法。②以生物为主体的，生物体以外的所有自然条件称为环境，这是一般生态学书刊上所采用的分类方法。

按照环境要素进行分类比较复杂。如按环境要素的属性可以分成自然环境和社会环境两类。目前地球上的自然环境，虽然受到人类活动的影响而发生了很大变化，但是仍然在按自然的规律发展。在自然环境中，按其主要的环境组成要素，可以分为大气环境、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而创造出来的，社会环境常按照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、林场环境等)、交通环境(如机场环境、港口环境等)、文化环境(如学校及文化教育区、文物古迹区、风景游览区和自然保护区)等。

按环境的范围大小可以分为宇宙环境、地球环境、区域环境、聚落环境和特定空间环境。

1.1.3 环境的结构

1. 环境要素的内容

组成人类环境整体的、各个独立的、性质不同的而又服从整体演化规律的基本物质

组分，称为环境要素，也称为环境基质。

环境要素包括水、大气、生物、阳光、岩石和土壤等(有的学者认为，环境要素不包括阳光)。它分为自然环境要素和社会环境要素，但通常是指自然环境要素。

大气圈是指聚集在地球外部的大气层，也称大气环境。大气圈厚达 1000km 以上，由多种气体成分组成，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，它的组成成分最主要的是氮(98.09%)、氧(20.95%)、氩(0.93%)三种气体，这三种气体含量稳定，属恒定部分。干洁空气中的二氧化碳和臭氧的含量很不稳定，随时间和空间的变化较大，属可变部分。悬浮于大气中的固体微粒和气体污染物因常受自然因素和人为因素的影响而变化不定，属大气中的不定成分。大气温度在垂直方向上具有明显变化的特点，据此可以将大气圈分为对流层、平流层、中间层、热层和外逸层。其中对流层与地球的关系最为密切。在这一层内，大气受地表状况影响很大，通常所发生的大气污染也主要是发生在对流层。

水圈，也称水环境，是地球上各类水体的总称，包括大气水、海洋、河流、湖泊、水库、冰川和地下水等。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，并在各种形态之间和各种水体之间不断地转化和循环，从而对地球的热量和气候起着重要的调节作用。

岩石圈，即地壳，是地球表面及其以下 40km 厚的坚硬地壳层。岩石圈由岩石、矿产资源和各类化学物质等组成。岩石圈中包含有丰富的地下矿产资源，包括石油、煤炭、铁、铜、金等有色金属和氮、磷、钾等无机元素，它们都是人类社会所必需的生产资料和资源。岩石圈中还富含各类化学物质，是植物生长所必需的营养元素。岩石圈是土壤形成的物质基础，土壤正是以岩石圈表面分化而成的疏松层为母质，通过水和有机物质的化学变化以及土壤母质的生物作用，经过相当长时间的积累而形成的。

土壤圈，是指岩石圈最外层的疏松部分。土壤由矿物质、有机质、活的有机体以及水分和空气等组成。土壤水分与其所含的溶解物质和悬浮物质共同构成了土壤溶液，它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。土壤圈是联系有机界和无机界的中心环节(通过植物的光合作用)，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。

生物圈，是指地球上所有生物及其生存环境的总称，它由部分大气圈和岩石圈、几乎全部的水圈和土壤圈以及生活在其中的生物共同组成。地球上的生物十分广泛，在水圈以及地表土壤和岩石里，都有大量生物存在，而绝大多数生物都生活在陆地之上和海洋表面以下各约 100m 厚的范围内。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。生物圈最显著的特征是整体性，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。生物圈的另一个显著特征是生物多样性。生物圈是人类生存和生活的基地，它不仅构成了人类生活的环境，还是资源的主要来源。人类在地球上生存和发展，就必须保护好生物圈，充分利用生态系统的相互作用，从而实现资源有效的循环使用。

环境要素组成环境的结构单元，环境的结构单元又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；由大气组成大气层，全部大气层总称为大气圈；由

土壤构成农田、草地和林地等，由岩石构成岩体，全部岩石和土壤构成的固体壳层称为岩石圈(或土壤—岩石圈)；由生物体组成生物群落，全部生物群集称为生物圈。阳光提供辐射能为其它要素所吸收。

2. 环境要素的特点

环境要素具有一些十分重要的特点。它们不仅制约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。

1) 最小限制律

整个环境的质量，不能由环境诸要素的平均状况决定，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。即环境质量的高低，取决于诸要素中处于“最低状态”的那个要素，不能用其余的处于优良状态的环境要素去代替和弥补。因此在改造自然和改进环境质量时，必须对环境诸要素的优劣状态进行数值分类，循着由差到优的顺序，依次改造每个要素，使之均衡地达到最佳状态。这一特点，是 1840 年德国化学家 J. V. 李比希提出的，20 世纪初被英国科学家布莱克曼所发展而臻于完善。

2) 等值性

任何一个环境要素，对于环境质量的限制，只有当它们处于最差状态时，才具有等值性。即每个环境要素，不论它们本身在规模、数量上如何不同，但只要是一个独立的要素，那么对于环境质量的限制作用并无质的差异。这种等值性同最小限制律有密切联系，不过前者强调要素间作用的比较，后者则是从制约环境质量的主导要素上着眼的。

3) 集体效应

环境诸要素互相联系、互相作用所产生的集体效应，是个体效应基础上质的飞跃，即环境的整体性大于环境诸要素的个体和。一个环境的性质，不等于组成该环境各个要素性质之和，而是比这种“和”丰富得多，复杂得多。因此研究环境要素，不但要研究各个要素的作用，还要探讨整个环境的作用机制，综合分析和归纳整体效应的表现。

4) 互相联系、互相依赖

环境诸要素虽然在地球演化史上出现有先后，但它们具有互相联系、互相依赖的特点。其主要通过以下途径：①从演化意义上看，某些要素孕育着其它要素。在地球发展史上，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，为水的产生提供了条件；上述三者的存在，又为生物的发生与发展提供了条件。每一个新要素的产生，都能给环境整体带来巨大的影响。②环境诸要素的互相联系、互相作用和互相制约，是通过能量流在各个要素之间的传递，或通过能量形式在各个要素之间的轮换来实现的。如地表面所接受的太阳辐射能，它可以转换成增加气温的显热。这种能量形式转换影响到整个环境要素间相互的制约关系。③通过物质流在各个环境要素间的流通，即通过各个要素对于物质的储存、释放、运转等环节的调控，使全部环境要素联系在一起。

3. 环境结构

环境结构是指环境要素的配置关系。即总体环境(包括自然环境和社会环境)的各个独立组成部分在空间上的配置，是描述总体环境的有序性和基本格局的宏观概念。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，它们具有不同的结构和特点。

1) 自然环境结构

从全球的自然环境看,可分为大气、陆地和海洋三大部分。聚集在地球周围的大气层,大气的密度、温度、化学组成等都随着距地表的高度而变化。按大气温度随着距地表温度的分布可分为对流层、平流层、中间层、热层等。对流层与人类的关系极为密切,地球上的天气变化多发生在对流层内。陆地是地球表面未被海水浸没的部分,总面积约 1.49×144 万 km^2 , 占地球表面积的 29. %。其中面积广大的称为大陆。分散在海洋、河流或湖泊中的陆地称为岛屿,按成因分为大陆岛、海洋岛(火山岛、珊瑚岛和冲积岛),全球岛屿面积为 9.7×102 万 km^2 。陆地环境的次级结构为:山地、丘陵、高原、平原、盆地;河流、湖泊、沼泽和冰川;还有森林、草原和荒漠。海洋是地球上广大连续水体的总称,其中广阔的水域称为洋,大洋边缘部分称为海。海洋的次级结构为海岸、海峡、海湾,在海洋底部有大陆架、大陆坡、海台、海盆、海沟、海槽、礁石等。

2) 社会环境结构

可分为城市、工矿区、村落、道路、桥梁、农田、牧场、林场、港口、旅游胜地及其它人工构筑物。

4. 环境结构的特点

就地球环境而言,环境结构的配置及其相互关系有圈层性、地带性、节律性、等级性、稳定性和变异性的特点。

1) 圈层性

在垂直方向上,整个地球环境的结构具有同心圆状的圈层性。在地壳表面分布着土壤—岩石圈、水圈、生物圈、大气圈。在这种格局的支配下,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会处,是无机界和有机界交互作用最集中的区域,它为人类的生存和发展提供了最适宜的环境。

2) 地带性

在水平方向上,从赤道到南极,整个地球表面具有过渡状的分带性。太阳辐射能量到达地球表面,由于球面各处的位置、曲率和方向不同,造成能量密度在地表分布的差异,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,地球表面任何环境结构都具有谐波状的节律性。地球上的各个环境系统,由于地球形状和运动的固有性质,在随着时间变化的过程中,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。地表上无论何处都有昼夜交替,太阳辐射能、空气温度、水分蒸发、土壤呼吸强度、生物活动、风化强度、成土作用的日变化等,都受这种节律性的控制。在较大的时间尺度上,有一年四季的交替变化。对于更长时段而言,如太阳黑子活动周期、冰期间冰期的反复、海平面的升降变化、地球自转速度的快慢交替等,都隐含着环境结构的节律性。

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光、热、水、气、土、矿物元素等无机成分,通过复杂的光合作用过程,形成碳水化合物;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数量和品种，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、永久的变异性以及有限的调节能力。任何一个地区的环境结构，都处于不断的变化之中。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，对于环境结构的变化，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。

1.2 环境问题

1.2.1 环境问题的历史演变

随着地球的演化，大约在 200 万年~300 万年前出现了人类。人类的诞生使地表环境的发展进入了一个高级的、在人类的参与和干预下发展的新阶段——人类和环境辩证发展的新阶段。自从人类诞生以后，由于人类自身的活动或者自然原因使环境条件发生不利于人类生存和发展的环境问题一直存在。

环境问题贯穿于人类发展的整个阶段(表 1-1)。但在不同历史阶段，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三个阶段：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，是近现代环境问题阶段；从 1984 年发现南极臭氧空洞，引起第二次世界环境问题高潮至今，为当代环境问题阶段。

表 1-1 不同历史发展阶段的环境问题

发展阶段	前发展时期	农业革命时期	工业革命时期	工业污染控制时期	发展与环境 保护阶段	环境是发展自身要素阶段
时间跨度	1 万年前	1 万年前~18 世纪初	~20 世纪 50 年代	20 世纪 50~70 年代	20 世纪 70~90 年代	20 世纪 90 年代~
经济水平	融于天然食物链中	农业时代	工业时代	产业急速发展期	信息时代	信息、知识时代
经济特点	采食捕猎	自给型经济	商品型时代	发达的市场经济	发达的市场经济	协调型经济
对自然的 态度	自然拜物， 依赖自然	天定胜人， 改造自然	人定胜天， 征服自然	尊重自然	天人合一， 善待自然	人与自然和谐
系统识别	无结构系统	简单网络结构	复杂功能结构	自然-社会- 经济复合系统	多功能复合 系统	控制协调结构
环境问题	原始状态协调	基本协调	不协调	极度不协调	寻找出路	可持续发展

1. 早期的环境问题

环境问题的历史，可以追溯到遥远的农业革命以前。在农业革命以前，人与自然的关系曾经历了一次历史性的大转折。这次大转折的标志是能够利用“制造工具用的工具”，其中最重要的工具是火。据我国科学家考证，在元谋人遗址中有大量的炭屑、烧骨等遗迹，这是人类最早使用火的证明。这说明大约在 170 万年前，人类就开始利用火。由于能够利用体外能源——火，人类结束了自然奴隶的历史，由被动适应环境转向主动改造环境，开始了征服自然、驾驭自然的艰难而漫长的历程。

伴随着火的利用和工具的制造，人类征服自然能力的提高，人类对环境的破坏也就出现了。一些学者认为，在史前社会，许多大型哺乳动物的灭绝，如美洲野牛绝迹可能与人们过度狩猎有关。旧石器时代晚期，猛犸象、披毛犀的消失，也可能是同样的原因所致。不过，在农业革命以前，人口一直很少，人类活动的范围也只占地球表面的极小部分；另一方面，从总体上讲，人类对自然的影响力还很低，还只能依赖自然环境，以采集和猎取天然动植物为生。此时，虽然已经出现了环境问题，但是并不突出，地球生态系统还有足够的能力自行恢复平衡。所以，在农业革命以前，环境基本上是按照自然规律运动变化的，人在很大程度上仍然依附于自然环境。

农业革命以后，情况有了很大变化：①人口出现了历史上第一次爆发性增长，由距今 1 万年前的旧石器时代末期的 532 万人增加到距今 2000 年前后的 1.33 亿人。人口数量大大增加，对地球环境的影响范围和程度也随之增大。②人们学会了驯化野生动植物，有目的地耕种和驯养成为人们获取食物的主要手段，使人类的食物来源有了保障。随着耕种作业的发展，人类利用和改造环境的力量与作用越来越大了，与此同时也产生了相应的环境问题。由于生产力水平低，人们主要是通过大面积砍伐森林、开垦草原来扩大耕种面积，增加粮食收成，加上刀耕火种等落后生产方式，导致大量已开垦的土地生产力下降，水土流失加剧，大片肥沃的土地逐渐变成了不毛之地。为了农业灌溉的需要，水利事业得到了发展，但又往往引起土壤盐渍化和沼泽化等。生态环境的不断恶化，不仅直接影响到人们的生活，而且，也在很大程度上影响到人类文明的进程。历史上，由于农业文明发展不当带来生态环境恶化，从而使文明衰落的例子屡见不鲜。

诞生于尼罗河流域的古埃及文明可以说是“尼罗河的赐予”。在历史上，每到夏季，来自上游地区富含无机矿物质和有机质的淤泥随着河水的漫溢，都要给埃及留下一层薄薄的沉积层，其数量不致于堵塞灌渠、影响灌溉和泄洪，但却足以补充从田地中收获的作物所吸收的无机矿物质养分，近乎完美地满足了农田对于有机质的需要，从而使这块土地能够生产大量的粮食来养育生于其上的众多人口。历史学家认为，正是这样无比优越的自然条件造就了埃及漫长而辉煌的文明。然而由于尼罗河上游地区的森林不断地遭到砍伐，以及过度放牧、垦荒等，使水土流失日益加剧，尼罗河中的泥沙逐年增加，埃及再也得不到那宝贵的沃土，昔日的“地中海粮仓”从此失去了往日的辉煌，现已成为地球上的贫困地区之一。

美索不达米亚平原位于幼发拉底河和底格里斯河之间(现伊拉克境内)，是著名的巴比伦文明的发源地。公元前，这里曾经是林木葱郁、沃野千里，富饶的自然环境孕育了辉煌的巴比伦文化——“楔形文字”、《汉穆拉比法典》、60 进制计时法……巴比伦城是当时世界上最大的城市、西亚著名的商业中心，巴比伦国王为贵妃修建的“空中花园”

被誉为世界七大奇迹之一。然而，巴比伦人在创造灿烂的文化、发展农业的同时，却由于无休止地垦耕、过度放牧、肆意砍伐森林等，破坏了生态环境的良性循环，使这片沃土最终沦为风沙肆虐的贫瘠之地，2000年前漫漫黄沙使巴比伦王国在地球上销声匿迹。如今，这块土地所供养的人口还不及汉穆拉比时代的1/4，而那座辉煌的巴比伦城，直到近代，才由考古学家发掘出来，重新展现在世人面前。

黄河流域是我国古老文明的发祥地，4000多年前，这里森林茂盛、水草丰富、气候温和、土地肥沃。据记载，周代时，黄土高原森林覆盖率达到53%，良好的生态环境，为农业发展提供了优越条件。但是，自秦汉开始，黄河流域的森林不断遭到大面积砍伐，使水土流失日益加剧，黄河泥沙含量不断增加。宋代时黄河泥沙含量就已达50%，明代增加到60%，清代进一步达到70%，这就使黄河的河床日趋增高，有些河段竟高出地面很多，形成“悬河”，遇到暴雨时节，河水便冲决堤坝，泛滥成灾，黄河因此而成为名副其实的“害河”。与此同时，这一带的沙漠面积日复一日地扩大，生态环境急剧恶化。

从上面的例子中可以看出，在农业社会，生态破坏已经到了相当的规模，并产生了严重的社会后果。恩格斯在考察古代文明的衰落之后，针对人类破坏环境的恶果，曾经指出：“美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其它各地的居民，为了想得到耕地，把森林都砍完了，但是他们做梦也想不到，这些地方今天竟因此成为荒芜不毛之地，因为他们使这些地方失去了森林，也失去了积聚和储存水分的中心。”因此，恩格斯给予人类以告诫：“我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利，对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。每一次胜利，在第一步都确实取得了我们预期的结果，但是在第二步和第三步却有了完全不同的、出乎预料的影响，常常把第一个结果又取消了。”

此外，在农业社会，特别是农业社会末期，还出现过污染问题。据考证，几千年前，由于我们祖先的采暖和炉灶设施十分简陋，洞穴内充满烟气，呛得令人窒息，人们逃出洞外。又因食物腐烂发出恶臭而令人生厌，于是迁往别处而不返。有人认为，这是人类社会大气污染历史的开端。但总的来看，在农业文明时代，主要的环境问题是生态破坏，污染问题仅在一些人口集中的城市比较突出，并引起人们的重视，采取了一些防治措施。例如，公元前18世纪巴比伦奴隶王国的《汉穆拉比法典》就禁止鞋匠住在城内，以免对城市生活环境造成污染；14世纪初，英国议会颁布法令，禁止伦敦制造业在国会会议期间烧煤，以保持大气的清洁。

2. 近代的环境问题

18世纪兴起的工业革命，曾经给人类带来希望和欣喜，因为工业化的兴起，城市化的发展，科学技术的进步，使人类的生活水平大为提高，例如人口的死亡率不断下降，平均预期寿命不断提高，更多的人享受到城市生活的便利，更多的儿童能够进入学校接受更多的教育等。诚然，人类发展又一次摆脱了“黑暗的中世纪”的阴影，人类文明又进入到一个前所未有的高度。然而，工业革命给人类带来的不仅仅是欣喜，还有诸多意想不到的后果，甚至埋下了人类生存和发展的潜在威胁。

当人类还在陶醉在工业革命的伟大胜利时，生态破坏和污染问题已经加速发展，特别是污染问题，随着工业化的不断深入而急剧蔓延，终于形成了大面积乃至全球性公害。西方国家首先步入工业化进程，最早享受到工业化带来的繁荣，也最早品尝到工业化带

来的苦果。在工业发达国家, 20 世纪 50 年—60 年代开始, “公害事件”层出不穷, 导致成千上万人生病, 甚至有不少人在“公害事件”中丧生。

近些年来在不少发展中国家也出现了与发达国家过去类似的情况。人们虽然从工业化中得到了一些物质利益, 但是却破坏了大量宝贵的自然资源和人类赖以生存的环境, 使发展中国家面临发展与环境的双重压力。目前, 在发展中国家有许多人连基本的衣食需要也难以满足, 每年因为疾病、饥饿而死亡的人数多得难以计数。

污染问题之所以在工业社会迅速发展, 甚至形成公害, 与工业社会的生产方式、生活方式等有着直接的关系。

(1) 工业社会是建立在大量消耗能源, 尤其是化石燃料基础上的。在工业革命初期, 工业能源主要是煤, 直到 19 世纪 70 年代以后, 石油作为能源才开始进入工业生产体系中, 使工业能源结构发生了变化。在最近几十年, 新的能源如水能、核能等不断得到开发利用。但是, 一直到今天, 工业社会的能源依然以不可再生能源为主, 特别是煤和石油。随着工业的发展, 能源消耗量急剧增加, 并很快就带来一系列人类始料不及的问题。例如, 英国在 19 世纪 30 年代完成了产业革命, 建立了包括钢铁、化工、冶金、纺织等在内的工业体系, 使用煤的生产量、消耗量突飞猛增, 从 500 万 t~600 万 t 上升到 3000 万 t, 由此带来的污染问题也随之突出。在 19 世纪末, 英国伦敦就曾发生过 3 次由于燃煤造成的毒雾事件, 据称死亡人数共计达到 1800 多人。

(2) 工业产品的原料构成主要是自然资源, 特别是矿产资源。工业规模的扩大, 伴随着采矿量的直线上升。例如日本足尾铜矿采掘量在 1877 年不足 39t, 10 年后猛增到 2515t, 增加了 60 多倍。大规模的开发与生产, 引起了一系列环境问题。19 世纪末期, 引自欧美的冶炼法, 以含黄铜的矿石为原料冶炼黄铜, 但黄铜矿含硫, 而且含有剧毒的砷化物和有色金属粉尘, 致使附近的整片山林和庄稼被毁坏, 矿山周围 24km² 的地区成为不毛之地, 受害中心的一个村庄被迫全部转移。另外, 由于铜矿排出的废水、废物中也含有毒性物质, 1890 年洪水泛滥, 污染的河水四处漫溢, 使附近 4 县数万公顷土地受害, 造成田园荒芜, 鱼虾死亡, 沿岸数 10 万人流离失所。

(3) 环境污染还与工业社会的生活方式尤其是消费方式有直接关系。在工业社会, 人们不再仅仅满足于生理上的基本需要——温饱, 更高层次的享受成为工业社会发展的动力。于是, 汽车等高档消费品进入了社会和家庭, 由此引起的环境污染问题日益显著。

(4) 环境污染的产生与发展还与人类对自然的认识水平和技术能力直接相关。在工业社会, 特别是工业社会初期, 人们对环境问题缺乏认识, 在生产生活过程中常常忽视环境问题的产生和存在, 结果导致环境问题越来越严重。当环境污染发展到相当严重的程度并引起人们重视时, 却常常由于技术能力不足而无法解决。

3. 当代环境问题

当代的环境问题, 是人类历史上各个阶段环境问题的历史发展和集中表现。我们当今面临的环境问题, 主要有以下几个方面。

1) 全球变暖

“全球变暖”是指地球表面平均温度和地表平均气温的升高, 它是针对地球环境总体而言, 并不是指全球每个地区都会增暖或每个季节都会增暖。联合国政府间气候变化专