



世纪高等教育环境工程系列规划教材

环境工程概论

曲向荣 李辉 吴昊 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等教育环境工程系列规划教材

环境工程概论

曲向荣 李辉 吴昊 编



机械工业出版社

前 言

环境问题是当今世界上人类面临的最重要的问题之一，已得到世界各国的高度重视。1972年6月5~16日，联合国在瑞典斯德哥尔摩召开的第一次人类环境会议上通过了《联合国人类环境宣言》，宣言指出，可供人类生存的地球只有一个，如果这个地球遭到了破坏，不但当代人类要自食其果，而且还将殃及子孙后代。会议确定每年的6月5日为“世界环境日”。1992年，在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展会议上又进一步提出了“可持续发展战略”，并达成世界各国的共识。

我国政府历来重视环境保护工作。1983年正式把环境保护定为我国的一项基本国策。1994年我国政府制定的《中国21世纪议程》中明确提出了跨世纪人口、环境与资源协调发展的奋斗目标。1996年我国政府对实施可持续发展战略进行了具体部署。在“十二五”规划中更强调要促进人口、资源、环境的协调发展，把实施可持续发展战略放在更突出的位置。

为了人类社会的可持续发展，必须在全人类范围内开展环境教育，把可持续发展思想贯彻到整个教育过程之中。在高等学校内把环境教育列为非环境类专业本科生的必修课，是培养21世纪复合型人才，保证可持续发展战略实施的重大措施之一。

本书突出可持续发展的战略思想，系统阐述了环境工程的基本知识，介绍了环境污染控制的原理和方法、清洁生产 and 循环经济的理论与实践以及环境管理方面的有关内容，力求反映出该领域内的最新成果和发展趋势。全书共分13章主要内容包括绪论、大气污染与控制、水体污染与控制、固体废物污染与控制、噪声污染与控制、其他物理污染及防护、土壤污染与控制、清洁生产、循环经济、环境法治、城市环境综合整治与生态城市建设、环境监测与环境评价、环境规划。本书编写分工如下：第1、7~13章由曲向荣编写，第2章由李辉编写，第3、4章由曲向荣、崔丽、张林楠编写，第5章由吴昊、刘勇涛编写，第6章由王剑、庞香蕊编写。全书由曲向荣统稿。

本书可作为高等院校非环境专业环境教育的公共课教材，也可作为高等院校环境科学与工程专业的基础课教材，同时还可作为环境保护从业人员的参考书。希望通过对本书的使用和阅读，读者能具备环境工程的基础知识，并被激发出强烈的环境意识。

本书编写过程中，参阅并引用了大量的国内外有关文献和资料，在此向所引用的参考文献的作者致以谢意。

本书内容广泛，因编者学术水平和经验所限，不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
第1章 绪论	1
1.1 环境科学与环境工程学	1
1.2 环境	4
1.3 环境问题	6
1.4 环境保护	12
1.5 可持续发展	18
复习与思考	31
第2章 大气污染与控制	32
2.1 概述	32
2.2 大气污染物的扩散	42
2.3 大气污染控制工程	49
复习与思考	60
第3章 水体污染与控制	61
3.1 概述	61
3.2 污水处理方法	70
3.3 废水中磷、氮的去除	91
3.4 污泥处理	94
3.5 水处理系统	97
复习与思考	99
第4章 固体废物污染与控制	100
4.1 概述	100
4.2 固体废物的管理原则	104
4.3 固体废物污染控制工程	105
复习与思考	118
第5章 噪声污染与控制	119
5.1 噪声及危害	119
5.2 噪声的度量与标准	123
5.3 噪声控制方法	129
复习与思考	145
第6章 其他物理污染及防护	146
6.1 电磁辐射污染及防护	146
6.2 放射性污染及防护	150
6.3 热污染与防治	153
6.4 光污染与防治	155
复习与思考	156
第7章 土壤污染与控制	157
7.1 概述	157
7.2 污染土壤修复标准	166
7.3 污染土壤修复技术	178
复习与思考	202
第8章 清洁生产	204
8.1 清洁生产的产生与发展	204
8.2 清洁生产的概念和主要内容	209
8.3 清洁生产的评价与审核	211
8.4 清洁生产的实施途径	226
复习与思考	239
第9章 循环经济	241
9.1 循环经济的产生与发展	241
9.2 循环经济的定义和内涵	244
9.3 循环经济的技术特征及 主要原则	247
9.4 循环经济的实施	249
复习与思考	254
第10章 环境法治	255
10.1 环境法的作用与地位	255
10.2 环境法的基本原则	256
10.3 环境法的体系与实施	258
10.4 我国环境法的基本制度	262
10.5 环境法律责任	265
复习与思考	268
第11章 城市环境综合整治与 生态城市建设	269
11.1 概述	269
11.2 城市发展的环境问题	270
11.3 城市环境综合整治	271
11.4 生态城市建设	275
复习与思考	282
第12章 环境监测与环境评价	283
12.1 环境监测	283
12.2 环境评价	293
复习与思考	303
第13章 环境规划	304
13.1 概述	304

13.2 环境规划的原则和类型	305	复习与思考	316
13.3 环境规划的工作程序和主要内容	310	参考文献	317
13.4 环境规划的作用	315		

第 1 章

绪 论

1.1 环境科学与环境工程学

1.1.1 环境科学

环境科学是在人们急待解决环境问题的社会需要下迅速发展起来的。它是一个由多学科到跨学科的庞大科学体系组成的新兴学科，也是一个介于自然科学、社会科学和技术科学之间的边缘学科。目前，环境科学可定义为“是一门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科学”。它的形成与发展过程与传统的自然科学、社会科学、技术科学都有着十分密切的联系。

1. 环境科学的出现

早在 19 世纪下半叶，环境问题已开始受到社会的注意，生物学、地学、医学、工程学等学科的学者分别从本学科角度出发对环境问题进行探索和研究。1857 年英国生物学家达尔文在《物种起源》一书中，以无可辩驳的事实依据论证了生物是进化而来的，生物的进化同环境的变化有很大关系，生物必须适应环境才能生存。达尔文把生物和环境的各种复杂关系叫做“生存斗争”或者“适者生存”。1869 年德国生物学家海克尔提出了物种变异是适应和遗传两个因素相互作用的结果，提出了生态学的概念。1935 年英国植物生态学家坦斯莱提出了生态系统的概念，即生态系统是生物与其非生物环境相互作用的统一体。目前生态学的研究大多是围绕着生态系统进行的。公共卫生学从 20 世纪 20 年代以来，逐渐由关注传染病发展到重视环境污染对健康的危害。在工程技术方面，1850 年出现了化学消毒法，杀灭水中的致病菌，以防止水媒介的流行病蔓延，1897 年英国建立了污水处理厂。消烟除尘技术在 19 世纪后期已有所发展，美国在 1885 年发明了离心除尘器，20 世纪初开始采用布袋除尘器，随后通风除尘技术、空气调节、燃烧装置改造、工业气体净化等工程技术逐渐得到推广应用。

20 世纪 50 年代环境问题日趋严重，许多自然科学家，包括生物学、化学、地理学、工程学、物理学等方面的专家学者对环境问题进行了联合调查和研究。他们在原学科的基础上，运用原学科的理论和方法，研究环境问题，逐渐出现了一些新的分支学科，如环境生物学、环境化学、环境医学、环境工程学、环境物理学等，在这些分支学科的基础上孕育产生

了环境科学。最早提出“环境科学”这一概念的是美国学者。1968年国际科学联合理事会设立了环境科学委员会。1972年出版了美国经济学家沃德和医学家杜博斯主编的《只有一个地球》一书。著者从整个地球前途出发，从社会、经济和政治的角度探讨环境问题，要求人类明智地管理地球。此后，便开始出现了以“环境科学”为书名的综合性著作。

2. 环境科学的任务

自然环境本身具有它的发生和发展规律，而人类却要利用和改造环境，因此，两者之间存在矛盾。环境科学的基本任务就是揭示人与环境之间的矛盾，研究环境中的物质和能量交换过程的规律性，寻求解决这些矛盾的途径和方法，同时预测未来的环境状况，规划设计人类所需要的美好环境。用环境系统工程的语言来说，环境科学的基本任务就是通过系统分析与综合，规划设计出高效的“人类—环境”系统，并把它调控到最优化的运行状态。具体地说，环境科学的主要任务有：

(1) 探索全球范围内自然环境演化的规律 全球性的环境包括大气圈、水圈、土壤岩石圈、生物圈，它们总是在相互作用、相互影响中不断地演化，环境变异也随时随地发生。在人类改造自然的过程中，为使环境向有利于人类的方向发展，避免向不利于人类的方向发展，就必须了解和掌握环境的变化规律，包括环境的基本特征、环境结构和组成、环境演化的机理等，从而为改善和创造有利于人类的环境提供科学依据。

(2) 揭示人类活动同自然环境之间的关系 即揭示资源与环境对人类活动的承载力。一是使人类活动排入环境的废弃物不超出环境的自净能力，避免造成环境污染，损害环境质量；二是使人类从环境中获取的资源有一定限度，从而保障自然资源能被人类永续利用。

(3) 探索环境变化对人类生存的影响 环境变化是由物理的、化学的、生物的和社会的因素以及它们的相互作用所引起的。因此，必须研究环境变化对人类生存的影响，研究污染物进入人体的途径及对对人体健康产生危害的机理，从而为制定环境卫生标准和采取预防措施提供依据。

(4) 研究区域环境问题综合防治的途径 要从区域的自然环境条件和社会发展状况出发，研究区域环境问题产生的原因，综合运用行政、法律、经济、技术和宣传教育等手段，从区域环境的整体上调节控制“人类—环境”系统，利用系统分析和系统工程的方法，寻求解决区域环境问题的最佳途径和方案。

3. 环境科学的分类

在现阶段，环境科学主要是运用自然科学和社会科学有关学科的理论、技术和方法来研究环境问题，形成与有关学科相互渗透、相互交叉的许多分支学科。属于自然科学方面的有环境地学、环境生物学、环境化学、环境物理、环境医学、环境工程学；属于社会科学方面的有环境管理学、环境经济学、环境法学、环境教育学、环境伦理学等。

可见，环境科学体系好像是一株大树，树上分枝，枝上分杈，但它们都是“同根生”，也就是说各个分支学科都是以环境为共同的研究对象。

到目前为止，环境科学尚无统一的分类，一般可分为以下六个学科：

1) 环境社会科学，如环境发展史、环境经济学、环境法学、环境教育学、环境伦理学、环境管理学等。

2) 环境生物学，如污染生态学、环境水生物学、环境微生物学等。

3) 环境化学，如环境污染化学、环境分析化学和环境监测。

- 4) 环境物理学, 如环境声学、环境光学、环境热学、环境电磁学等。
- 5) 环境医学, 如环境流行病学、环境毒理学、环境医学监测、公害病及其防治等。
- 6) 环境工程学, 如大气污染控制工程、水污染控制工程、噪声污染控制工程、固体废物污染控制工程、环境质量评价等。

1.1.2 环境工程学

1. 环境工程学的基本概念

环境工程学是环境科学的学科分支之一, 是一门新兴的综合性工程技术学科。它运用工程技术的原理和方法治理环境污染, 保护和改善环境质量; 并运用系统工程的方法研究合理利用自然资源, 从整体上解决环境问题的技术途径和技术措施。它是环境保护工作的重要“硬件”之一。

环境工程学是人类在解决环境污染的过程中逐步发展并形成的。20世纪以来, 随着一系列环境污染公害事件在世界各地的相继发生并夺去成千上万人的生命, 更使环境污染控制成为人们高度关心的问题, 由此推动了环境工程学科的形成。此外, 由于自产业革命以来, 世界各地的污染问题由水体污染逐渐向大气污染、固体废物污染及城市噪声公害污染等多方向发展, 使环境工程所涉及的领域不断扩大, 使之成为涉及土木工程技术、生物生态技术、化工技术、机械工程、系统工程技术等一系列技术的综合性学科并日臻完善。

2. 环境工程学的主要研究内容

(1) 环境污染控制工程 主要研究环境污染控制的工程技术措施, 并将其应用于污染的治理。它既包括利用单元操作和单元过程对局部污染的控制, 也包括区域污染的综合控制。具体有:

1) 水污染控制工程, 主要研究城市污水和行业废水的污染控制和污染水体的修复。其主要研究内容有水体的自净规律及其利用、城市和行业废水治理的技术措施和区域水污染的综合控制等。

2) 大气污染控制工程, 主要研究人类活动向大气排放的有害污染物的迁移转化规律, 应用技术措施削减和去除各种污染物, 其污染控制技术与一个国家或地区的能源使用结构和利用效率密切相关。其主要研究领域有大气质量管理、颗粒污染物治理技术、气体污染物治理技术及大气污染的综合控制等。

3) 固体废弃物污染控制工程, 主要研究工业废渣和城市垃圾等的减量化、资源化和处理处置的技术工艺措施, 它与城市的发展水平及人们的消费观念密切相关。

4) 噪声及其他物理污染控制工程, 主要研究声源控制及隔声消声等工程技术措施以及电磁辐射污染、放射性污染、热污染、光污染控制等。

5) 土壤污染控制工程, 主要研究土壤重金属、化学农药、石油等污染控制的工程技术方法, 修复已污染的土壤使其达到某种土地再利用的目的。它与水污染控制、大气污染控制、固体废弃物污染控制密切相关。

(2) 环境系统工程 以环境科学理论和环境工程的技术方法为基础, 综合运用系统论、控制论和信息论的原理以及现代管理的数学方法和计算机技术, 对环境问题进行系统的分析、规划和管理, 以谋求从整体上解决环境问题, 优化环境与经济发展的关系。它主要包括环境系统的模式化和优化两个内容, 如土地资源的合理利用和规划问题、城市生态工程的规

划问题等。

(3) 环境质量评价 环境质量评价是按照一定的标准和方法对环境质量给予定性或定量的说明与描述。通过环境质量评价可以判断环境质量的优劣程度,认识环境质量价值的高低,判定环境质量与人类生存发展之间的关系,从而为保护和改善环境质量提出具体可行的措施。环境质量评价可为环境管理、环境污染综合控制、环境标准的制定、生态环境建设及环境规划提供科学的依据,为国家制定环境保护政策提供信息。环境质量评价可分为回顾性评价(根据某一地区历年积累的环境资料对该地区过去一段时间的环境质量进行评价)、现状评价(根据近期的环境资料对某一地区的环境质量进行评价)和影响评价(根据一个地区经济发展的规划或者拟建项目对该地区未来的环境质量进行分析、预测和评价)三种类型。

总之,环境工程是一门新兴的工程技术科学,它形成的历史不长,是涉及诸多领域的一门综合性学科,环境问题的性质又在不断地变化,故其研究内容也将得到不断的充实和发展。

1.2 环境

1.2.1 环境的基本概念

环境是一个极其广泛的概念,它不能孤立地存在,是相对某一中心事物而言的,不同的中心事物有不同的环境范畴。对于环境科学而言,中心事物是人,环境的含义是以人为中心的客观存在,这个客观存在主要是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过的自然界,如城市、村落、水库、港口、公路、铁路、机场、园林等。它既包括这些物质性的要素,又包括由这些物质性要素所构成的系统及其所呈现出的状态。

目前,还有一种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。如《中华人民共和国环境保护法》对环境作了如下规定:“本法所称的环境,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、野生动植物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜、城市和乡村等”。可以认为,我国环境法规对环境的定义相当广泛,包括前述的自然环境和人工环境。环境保护法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作出规定,以保证法律的准确实施。

1.2.2 环境要素及其属性

1. 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,亦称环境基质。它主要包括水、大气、生物、土壤、岩石和阳光等。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。如空气、水蒸气、地球引力、

阳光等组成大气圈；河流、湖泊、海洋等地球上各种形态的水体组成水圈；土壤组成农田、草地和林地等，岩石组成地壳、地幔和地核，全部岩石和土壤构成岩石圈或称土壤-岩石圈；动物、植物、微生物组成生物群落，全部生物群落构成生物圈。大气圈、水圈、土壤-岩石圈和生物圈这4个圈层构成了人类的生存环境，即地球环境系统。

2. 环境要素的属性

环境要素具有非常重要的属性，这些属性决定了各个环境要素间的联系和作用的性质，是人类认识环境、改造环境、保护环境的基本依据。在这些属性中，最重要的是：

(1) 环境整体大于诸要素之和 环境诸要素之间相互联系、相互作用形成环境的总体效应，这种总体效应是在个体效应基础上的质的飞跃。某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，而要比这种“和”丰富得多，复杂得多。

(2) 环境要素的相互依赖性 环境诸要素是相互联系、相互作用的。环境诸要素间的相互作用和制约，一方面是通过能量流，即通过能量在各要素之间的传递，或以能量形式在各要素之间的转换来实现的；另一方面是通过物质循环，即物质在环境要素之间的传递和转化，使环境要素相互联系在一起。

(3) 环境质量的最差限制律 环境质量的一个重要特征是最差限制律，即整体环境的质量不是由环境诸要素的平均状态决定的，而是受环境诸要素中那个“最差状态”的要素控制的，而不能因其他要素处于良好状态得到补偿。因此，环境诸要素之间是不能相互替代的。如一个区域的空气质量优良，声环境质量较好，但水体污染严重，则该区域的总体环境质量就由水环境质量所决定。要改善该区域的整体环境质量，就要首先改善该区域的水环境质量。

(4) 环境要素的等值性 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。也就是说，各个环境要素，无论它们本身在规模上或数量上是如何的不相同，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。如前述，对一个区域来说，属于环境范畴的空气、水体、土地等均是独立的环境要素，无论哪个要素处于最差状态，都制约着环境质量，使总体环境质量变差。

(5) 环境要素变化之间的连锁反应 每个环境要素在发展变化的过程中，既受到其他要素的影响，同时也影响其他要素，形成连锁反应。如由于温室效应引起的大气升温，将导致干旱、洪涝、沙尘暴、飓风、泥石流、土地荒漠化、水土流失等一系列自然灾害。这些自然现象互相之间一环扣一环，只要其中的一环发生改变，可能引起一系列连锁反应。

1.2.3 环境的类型

环境的类型目前有3种分法：按照环境的主体进行划分、按环境范围的大小进行划分、按环境要素的属性进行划分。

按照环境的主体，主要有两种分法：一种是以人类为主体，而把人类以外其他生命物体和非生命物质都视为环境要素，这种分法的环境实际上就是指人类生存的环境，即人类环境。环境科学就是采用这种分法。另一种分法是以生物体（界）为环境的主体，而把主体生物以外的其他生命物体和非生命物质都看成是环境要素。生态学采用的就是这种分法。

按照环境范围的大小，由小至大，环境可分为特定空间的环境（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。

按照环境要素的属性可分为自然环境和社会环境两大类。在自然环境中，按其主要的环境组成要素，可将环境再进一步划分为大气环境、水环境（如河流环境、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。社会环境则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。社会环境按照人类对环境的利用或环境的功能可再进一步分为聚落环境（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）、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。

上述对环境的分类方法都是为研究的方便而提出的。不同分类法所定义的环境类型相互紧密关联、重叠并相互影响、相互作用和制约。

1.3 环境问题

环境科学与环境保护所研究的环境问题主要不是自然灾害问题（原生或第一环境问题），而是人为因素所引起的环境问题（次生或第二环境问题）。这种人为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，环境问题是人类经济社会发展与环境的关系不协调所引起的问题。

1.3.1 环境问题的由来与发展

从人类诞生开始就存在着人与环境的对立统一关系，就出现了环境问题。随着人类社会的发展，环境问题也在发展变化，大体上经历了四个阶段。

1. 环境问题萌芽阶段（工业革命以前）

人类在诞生以后很长的岁月里，只是靠采集野果和捕猎动物为生，那时人类对自然环境的依赖性非常大，人类主要是以生活活动、生理代谢过程与环境进行物质和能量转换，主要是利用环境，而很少有意识地改造环境。如果说那时也发生“环境问题”的话，则主要是由于人口的自然增长和盲目的乱采乱捕、滥用资源而造成生活资料缺乏，引起的饥荒问题。为了解除这种环境威胁，人类被迫学会了吃一切可以吃的东西，以扩大和丰富自己的食谱，或是被迫扩大自己的生活领域，学会适应在新的环境中生活的本领。

随后，人类学会了培育、驯化植物和动物，开始发展农业和畜牧业，这在生产发展史上是一次伟大的革命——农业革命。而随着农业和畜牧业的发展，人类改造环境的作用也越来越明显地显示出来，但与此同时也发生了相应的环境问题，如大量砍伐森林、破坏草原、刀耕火种、盲目开荒，往往引起严重的水土流失、水旱灾害频繁和沙漠化；又如兴修水利，不合理灌溉，往往引起土壤的盐渍化、沼泽化，以及引起某些传染病的流行。在工业革命以前虽然已出现了城市化和手工业作坊（或工场），但工业生产并不发达，由此引起的环境污染问题并不突出。

2. 环境问题的恶化阶段（工业革命至20世纪50年代前）

随着生产力的发展，在18世纪60年代至19世纪中叶，生产发展史上又出现了一次伟

大的革命——工业革命。它使建立在个人才能、技术和经验之上的小生产被建立在科学技术成果之上的大生产所代替，大幅度地提高了劳动生产效率，增强了人类利用和改造环境的能力，大规模地改变了环境的组成和结构，从而也改变了环境中的物质循环系统，扩大了人类的活动领域，但与此同时也带来了新的环境问题。一些工业发达的城市和工矿区的工业企业，排出了大量的废弃物污染了环境，使污染事件不断发生。1873年至1892年期间，英国伦敦多次发生可怕的有毒烟雾事件；19世纪后期，日本足尾铜矿区排出的废水污染了大片农田；1930年12月，比利时马斯河谷工业区由于工厂排出的含有 SO_2 的有害气体，在逆温条件下造成了几千人发病，60人死亡的严重大气污染事件；1943年5月，美国洛杉矶市由于汽车排放的碳氢化合物和 NO_x ，在太阳光的作用下，产生了光化学烟雾，造成大多数居民患病，400多人死亡的严重大气污染事件。如果说农业生产主要是生活资料的生产，它在生产和消费中所排放的“三废”是可以纳入物质的生物循环，能迅速净化、重复利用的，那么工业生产除生产生活资料外，它大规模地进行生产资料的生产，把大量深埋在地下的矿物资源开采出来，加工利用投入环境之中，许多工业产品在生产和消费过程中排放的“三废”，都是生物和人类所不熟悉，难以降解、同化和忍受的。总之，由于蒸汽机的发明和广泛使用，大工业日益发展，生产力有了很大的提高，环境问题也随之发展且逐步恶化。

3. 环境问题的第一次高潮（20世纪50年代至80年代以前）

20世纪50年代以后，环境问题更加突出，震惊世界的公害事件接连不断，如1952年12月的伦敦烟雾事件（由居民燃煤取暖排放的 SO_2 和烟尘遇逆温天气，造成5天内死亡人数达4000人），1953—1956年日本的水俣病事件（由水俣湾镇氮肥厂排出的含甲基汞废水进入了水俣湾，人食用了含甲基汞的鱼、贝类，造成神经系统中毒，病人口齿不清，步态不稳、面部痴呆、耳聋眼瞎、全身麻木，最后精神失常，患者达180人，死亡达50多人），1955—1972年日本的骨痛病事件（由日本富山县炼锌厂排放的含Cd废水进入了河流，人喝了含Cd的水，吃了含Cd的米，造成关节痛、神经痛和全身骨痛，最后骨脆、骨折、骨骼软化，饮食不进，在衰弱、疼痛中死去，患者超过280人，死亡人数达34人），1961年日本的四日市哮喘病事件（由四日市石油化工联合企业排放的 SO_2 、碳氢化合物、 NO_x 和飘尘等污染物造成的大气污染事件，此次事件中患有支气管哮喘、肺气肿的患者超过500人，死亡人数达36人）等。这些震惊世界的公害事件，形成了第一次环境问题高潮。第一次环境问题高潮产生的原因主要有两个：

其一是人口迅猛增加，都市化速度加快。刚进入20世纪时世界人口为16亿，至1950年增至25亿（经过50年人口约增加了9亿）；1950—1968年仅18年间人口就由25亿增加到35亿（增加了10亿）；而后，人口由35亿增至45亿只用了12年（1968—1980年）。1900年拥有70万以上人口的城市，全世界有299座，到1951年迅速增到879座，其中百万人以上的大城市约有69座。在许多发达国家中，有半数人口住在城市。

其二是工业不断集中和扩大，能源消耗大增。1900年世界能源消费量还不到10亿t煤当量，至1950年就猛增至25亿t煤当量；到1956年石油的消费量也猛增至6亿t，在能源中所占的比例加大，又增加了新污染。大工业的迅速发展逐渐形成大的工业地带，而当时人们的环境意识还很薄弱，第一次环境问题高潮出现是必然的。

当时，在工业发达国家因环境污染已达到严重程度，直接威胁到人们的生命和安全，成为重大的社会问题，激起广大人民的不满，并且也影响了经济的顺利发展。1972年的斯德

哥尔摩人类环境会议就是在这种历史背景下召开的。这次会议对人类认识环境问题来说是一个里程碑。工业发达国家把环境问题摆上了国家议事日程,包括制定法律、建立机构、加强管理、采用新技术,20世纪70年代中期环境污染得到了有效控制。城市和工业区的环境质量有明显改善。

4. 环境问题的第二次高潮(20世纪80年代以后)

第二次高潮是伴随全球性环境污染和大范围生态破坏,在20世纪80年代初开始出现的一次高潮。人们共同关心的影响范围大和危害严重的环境问题有三类:一是全球性的大气污染,如“温室效应”、臭氧层破坏和酸雨;二是大面积生态破坏,如大面积森林被毁、草场退化、土壤侵蚀和荒漠化;三是突发性的严重污染事件迭起,如印度博帕尔农药泄漏事件(1984年12月),前苏联切尔诺贝利核电站泄漏事故(1986年4月),莱茵河污染事故(1986年11月)等。1979—1988年这类突发性的严重污染事故就发生了10多起。这些全球性大范围的环境问题严重威胁着人类的生存和发展,不论是广大公众还是政府官员,也不论是发达国家还是发展中国家,都普遍对此表示不安。1992年里约热内卢环境与发展大会正是在这种社会背景下召开的,这次会议是人类认识环境问题的又一里程碑。

前后两次高潮有很大的不同,有明显的阶段性。

其一,影响范围不同。第一次高潮主要出现在工业发达国家,重点是局部性、小范围的环境污染问题,如城市、河流、农田污染等;第二次高潮则是大范围,乃至全球性的环境污染和大面积生态破坏。这些环境问题不仅对某个国家、某个地区造成危害,而且对人类赖以生存的整个地球环境造成危害。这不但包括了经济发达的国家,也包括了众多的发展中国家。发展中国家不仅认识到全球性环境问题与己休戚相关,而且本国面临的诸多环境问题,特别是植被破坏、水土流失和荒漠化等生态恶性循环,是比发达国家的环境污染危害更大、更难解决的环境问题。

其二,就危害后果而言,前次高潮人们关心的是环境污染对人体健康的影响,环境污染虽然也对经济造成损害,但问题还不突出;第二次高潮不但明显损害人类健康,每分钟因水污染和环境污染而死亡的人数全世界平均达到28人,而且全球性的环境污染和生态破坏已威胁到全人类的生存与发展,阻碍经济的持续发展。

其三,就污染源而言,第一次高潮的污染来源尚不太复杂,较易通过污染源调查弄清产生环境问题的来龙去脉。只要一个城市、一个工矿区或一个国家下决心,采取措施,污染就可以得到有效控制。第二次高潮出现的环境问题,污染源和破坏源众多,不但分布广,而且来源杂,既来自人类的经济再生产活动,也来自人类的日常生活活动;既来自发达国家,也来自发展中国家,解决这些环境问题只靠一个国家的努力很难奏效,要靠众多国家,甚至全球人类的共同努力才行,这就极大地增加了解决问题的难度。

其四,第二次高潮的突发性严重污染事件与第一次高潮的“公害事件”也不相同。一是带有突发性,二是事故污染范围大、危害严重、经济损失巨大。如印度博帕尔农药泄漏事件,受害面积达 40km^2 ,据美国一些科学家估计,死亡人数在 $0.6\sim 1$ 万人,受害人数为 $10\text{万}\sim 20\text{万人}$,其中有许多人双目失明或终生残疾,直接经济损失数十亿美元。

1.3.2 当前世界面临的主要环境问题

当前人类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，成为当今世界环境科学所关注的主要问题。

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 60 亿。众所周知，人既是生产者，又是消费者。

对于作为生产者的人来说，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量持续增大，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。

对于作为消费者的人类来说，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）会越来越多，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。地球上的一切资源都是有限的，即使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，在每年中有一定可供应量的。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，有限的全球环境和有限的资源限定了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。

(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”（为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、土地沙漠化、生物物种消失等。

(1) 植被破坏 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 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700~900万 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 土地沙漠化是指非沙漠地区出现以风沙活动、沙丘起伏为主要标志的环境退化过程。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 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。

研究表明:倘若一个森林区的原面积减少10%,即可使继续存在的生物物种下降至50%。

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) 温室气体过量排放造成的气候变化 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，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，称为温室效应。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，大气中 CO_2 含量每增加 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生物的多样性，使农业生产能力下降。干旱和炎热的天气会导致森林火灾不断发生和沙漠化过程加强。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) 臭氧层破坏 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，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含量减少超过 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，平流层中臭氧含量减少 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，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) 大气污染和酸沉降 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水的 pH 值有关。由于与 10^5Pa 下的 CO_2 分压相平衡的自然水系统 pH 值为 5.6，故 $\text{pH} < 5.6$ 的沉降才能认为是酸沉降。因此，大气酸沉降是指 $\text{pH} < 5.6$ 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。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，由局部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，当湖水的 pH 值降到 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，瑞典每年因酸雨损失的木材达 $4.5 \times 10^6\text{m}^3$ ；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。