



IAEE

International Accreditation
for Engineering Education

国际工程教育认证系列教材

环境科学 与工程概论

龙湘犁 何美琴 编



化学工业出版社



IAEE

International Accreditation
for Engineering Education

国际工程教育认证系列教材

环境科学 与工程概论

龙湘犁 何美琴 编



化学工业出版社

· 北京 ·

《环境科学与工程概论》介绍了环境科学的基本概念和基础知识、污染治理技术的基本原理、环境管理的基本内容、可持续发展的基本理论和实践,以及绿色化学和化工的基本原理。全书共分8章,主要内容包括绪论、人类活动与环境问题、大气污染及其防治、水污染及其防治、固体废物的处理和利用、环境管理、可持续发展与清洁生产、绿色化学与化工基础。

《环境科学与工程概论》可作为高等学校化工类专业教材,也可作为化工、环境等专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

环境科学与工程概论/龙湘犁,何美琴编. —北京:
化学工业出版社, 2019. 8
国际工程教育认证系列教材
ISBN 978-7-122-34631-5

I. ①环… II. ①龙…②何… III. ①环境科学-教
材②环境工程-教材 IV. ①X

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第107849号

责任编辑:徐雅妮 杜进祥

责任校对:宋 夏

文字编辑:汲永臻

装帧设计:关 飞

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:三河市延风印装有限公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张13 字数331千字 2019年11月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888

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:39.00元

版权所有 违者必究

前 言

环境问题是全人类共同面临的挑战，环境保护也是我国的基本国策。在高等学校非环境类专业开设“环境保护概论”课程是环保教育的重要组成部分。

本书编者多年来在华东理工大学给化工类专业本科生讲授“环境科学与工程概论”课程。2013年，华东理工大学化学工程与工艺专业接受美国 ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) 专业论证，在准备论证材料的过程中，编者对国外化工类专业重视培养能力、拓宽视野、夯实基础的专业教育理念体会颇深，如强调培养学生社会责任感、环境保护意识以及解决污染问题和实现化学工业可持续发展的能力。

因此，结合多年的教学实践，基于近年来环境管理和技术发展的实际，融合 ABET 倡导的人才培养理念，着眼化学工业与生态环境的和谐发展，我们编写了本教材作为化工类本科生“环境保护概论”课程的教学参考书。本教材力求加强污染技术方面的阐述和工程实例的分析，介绍近年来我国环境管理法规制度建设的新进展，强化化学工业可持续发展的理念。期盼本教材能对培养学生解决工程问题的能力、培育可持续发展的理念、树立依法保护环境的观念和夯实绿色化学的基础有所帮助。

全书分为 8 章，分别是：第 1 章绪论；第 2 章人类活动与环境问题；第 3 章大气污染及其防治；第 4 章水污染及其防治；第 5 章固体废物的处理和利用；第 6 章环境管理；第 7 章可持续发展与清洁生产；第 8 章绿色化学与化工基础。第 1、2、6、7 章由何美琴编写，第 3、4、5、8 章由龙湘犁编写。全书由龙湘犁统稿。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏及不妥之处，敬请专家学者、广大师生和读者批评指正。

编 者

2019 年 8 月

目 录

第 1 章 绪论	1	2.3 土地资源的利用和保护	29
1.1 环境	2	2.3.1 土地资源	30
1.1.1 基本概念	2	2.3.2 人口、粮食和耕地	30
1.1.2 人类生存环境的形成和发展	3	2.3.3 我国的土地资源	31
1.1.3 环境系统的组成	4	2.4 能源利用与保护	35
1.2 环境问题	5	2.4.1 能源的分类	36
1.2.1 环境问题的由来与发展	5	2.4.2 世界及我国的能源消耗	36
1.2.2 环境问题的实质	7	2.4.3 能源利用对环境的影响	38
1.3 环境污染与人类健康	8	2.4.4 清洁能源利用	39
1.3.1 环境污染	8	本章小结	41
1.3.2 环境污染物侵入人体的途径及转化	8	第 3 章 大气污染及其防治	42
1.3.3 环境污染物对人体健康的危害	9	3.1 大气结构与组成	42
1.3.4 人类面临的主要环境问题	10	3.1.1 大气结构	42
1.4 环境科学	14	3.1.2 大气的组成	44
1.4.1 环境科学的内容及任务	14	3.2 主要大气污染物及其来源	45
1.4.2 环境科学的分科	14	3.2.1 大气污染	45
1.4.3 环境工程学	15	3.2.2 主要的大气污染物	45
1.5 环境保护	16	3.2.3 主要大气污染物的来源	47
1.5.1 环境保护的内容和任务	16	3.3 污染物在大气中的迁移和扩散	49
1.5.2 环境保护是我国的一项基本国策	17	3.3.1 大气污染物的扩散与气象因子的关系	49
本章小结	18	3.3.2 大气污染物的扩散与下垫面的关系	55
第 2 章 人类活动与环境问题	19	3.4 大气污染综合防治	56
2.1 生态学基本原理	19	3.4.1 我国大气污染现状及危害	56
2.1.1 生态学的定义、任务	19	3.4.2 综合防治的对策与措施	58
2.1.2 生态系统	20	3.5 大气污染治理技术简介	59
2.1.3 生态系统的组成	20	3.5.1 颗粒污染物的治理技术	59
2.1.4 生态系统的功能	21	3.5.2 低浓度 SO ₂ 废气的治理	65
2.1.5 生态平衡与生态失衡	23	3.5.3 硫化氢的控制	69
2.1.6 生物多样性与环境影响	24	3.5.4 氮氧化物的控制	71
2.2 人口与环境	26	3.5.5 废气中汞的控制	74
2.2.1 人口概况	26	3.5.6 氟化物的控制	75
2.2.2 人口对环境的影响	27	3.5.7 含氯废气的治理净化	76

3.5.8 有机废气的治理净化	76	6.2.1 环境保护法的定义	135
3.5.9 汽车尾气的治理	77	6.2.2 环境保护法的目的和任务	136
本章小结	78	6.2.3 环境保护法的作用	136
第4章 水污染及其防治	79	6.2.4 我国环境保护法律体系	137
4.1 水体的污染与自净	80	6.3 环境管理的基本制度	139
4.1.1 水体污染及水体自净作用	80	6.3.1 “三同时”制度	139
4.1.2 水污染指标	81	6.3.2 环境影响评价制度	139
4.2 水体中主要污染物的来源及其危害	84	6.3.3 环境保护税制度	141
4.2.1 无机无毒物	84	6.3.4 环境保护目标责任制	142
4.2.2 无机有毒物	87	6.3.5 生态保护补偿制度	143
4.2.3 有机无毒物	90	6.3.6 污染集中控制制度	144
4.2.4 有机有毒物	92	6.3.7 排污许可制度	144
4.3 污水处理技术概述	93	6.3.8 限制生产、停产整治制度	145
4.3.1 物理法	94	6.3.9 污染排放总量控制制度	146
4.3.2 化学法	95	6.4 环境标准	147
4.3.3 物理化学法	99	6.4.1 环境标准体系	147
4.3.4 生物法	105	6.4.2 环境标准的制定	148
4.3.5 污水处理流程	112	6.4.3 环境标准的使用	149
4.3.6 污泥处理、利用与处置	115	6.5 环境监测	149
本章小结	116	6.5.1 环境监测体系	150
第5章 固体废物的处理和利用	117	6.5.2 环境监测的分类	150
5.1 概述	117	6.5.3 环境监测的原则	151
5.1.1 固体废物的定义	117	6.5.4 环境监测的特点	152
5.1.2 固体废物的现状	117	本章小结	153
5.1.3 固体废物的来源与分类	118	第7章 可持续发展与清洁生产	154
5.1.4 固体废物对环境的危害	120	7.1 可持续发展战略	154
5.1.5 固体废物污染控制原则	121	7.1.1 可持续发展的由来	154
5.2 固体废物的处理技术	121	7.1.2 可持续发展的定义与内涵	155
5.2.1 固体废物的预处理技术	121	7.1.3 中国的可持续发展	157
5.2.2 固体废物的热处理技术	123	7.2 环境管理体系标准 (ISO 14000	
5.2.3 固体废物的生物处理技术	125	系列标准)	159
5.2.4 固体废物的处置方法	126	7.2.1 ISO 14000 系列标准的产生背景	159
5.3 固体废物的资源化与回收利用	128	7.2.2 ISO 14000 系列标准的意义	160
5.3.1 固体废物的资源化原则和基本		7.2.3 ISO 14001 标准	161
途径	128	7.2.4 ISO 14000 的运行模式及基本要点	163
5.3.2 固体废物的资源化利用实例	129	7.3 清洁生产	163
5.4 城市垃圾的处理	132	7.3.1 清洁生产的由来	163
5.4.1 城市垃圾的分类、特点和性质	132	7.3.2 清洁生产的概念	164
5.4.2 城市垃圾的处理和回收利用	132	7.3.3 实现清洁生产的主要途径	166
本章小结	133	7.3.4 清洁生产与末端治理的比较	167
第6章 环境管理	134	7.3.5 ISO 14000 与清洁生产	168
6.1 概述	134	7.4 循环经济	169
6.1.1 环境管理的含义	134	7.4.1 循环经济的概念	169
6.1.2 环境管理的内容	134	7.4.2 发展循环经济的路径及理念	170
6.2 环境保护法	135	7.5 工业生态学与生态工业园	172

7.5.1 生态工业的概念	172	8.3.2 环境友好的固体酸催化剂	187
7.5.2 发展生态工业园区的原则和内容 ...	173	8.3.3 相转移催化剂	188
7.5.3 生态工业园国内外范例	174	8.3.4 生物酶催化剂	189
本章小结	176	8.3.5 光催化剂	190
第8章 绿色化学与化工基础	177	8.4 可再生的物质资源	190
8.1 绿色化学与原子经济性反应	177	8.4.1 生物质——取之不尽的资源宝库 ...	190
8.1.1 绿色化学的定义	177	8.4.2 生物质资源利用应用实例	191
8.1.2 绿色化学的研究原则	178	8.5 绿色化学产品	193
8.1.3 原子经济反应	180	8.5.1 绿色化学产品的定义	193
8.1.4 常见有机反应的原子经济性分析 ...	180	8.5.2 设计绿色化学产品的基本原则 ...	193
8.1.5 提高化学反应原子经济性的途径 ...	181	8.5.3 绿色化学产品的实例	194
8.2 无毒无害反应剂和溶剂	183	8.6 化工过程强化技术	195
8.2.1 无毒无害的反应剂	183	8.6.1 设备强化技术	196
8.2.2 无毒无害的溶剂	184	8.6.2 过程强化方法	197
8.3 环境友好催化剂	186	本章小结	200
8.3.1 催化剂在消除环境污染方面的作用 ...	186	参考文献	201

第1章

绪论

本章学习要点

- ✓ **重点：**环境的基本概念、环境问题、人类面临的主要环境问题、环境保护的目的与任务。
- ✓ **要求：**了解环境污染及其危害；明确环境科学和环境工程学所研究和解决的问题；提高环境保护的意识。

随着社会的发展，人类改造自然、征服自然的能力日益强大，人类的生活面貌日新月异，但人们的生存环境却面临日益恶化的危险，大气、水体、土地、噪声等环境污染时刻困扰着人们的生活。

环境保护是我国的一项基本国策，随着社会主义现代化建设的发展和经济改革的深入，环境保护工作越来越引起人们的关心和重视。1992年，联合国“环境与发展”大会以后，提出可持续发展战略，促进经济与环境协调发展已成为世界各国的共识。2002年9月，可持续发展世界首脑会议在南非约翰内斯堡召开，来自世界194个国家包括104个国家元首和政府首脑在内的7000多名政府和各界代表出席会议，这次会议对21世纪人类解决所面临的环境与发展问题有着重要的意义。实践证明，以大量消耗资源、粗放经营为特征的传统经济发展模式，经济效益低，排污量大，不仅环境质量会不断恶化，损害人类健康，而且经济也难以持续发展。

生态文明建设是关系中华民族永续发展的根本大计，也是关系民生的重大社会问题。在经济持续、快速、健康发展的同时，牢固树立并切实贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，促进经济社会和人的全面发展，绝不以牺牲生态环境为代价换取经济的一时发展，创造一个清洁安静、优美舒适的劳动环境和生活环境，做到经济效益、社会效益、生态效益同步提升，实现百姓富、生态美有机统一，努力建设天蓝地绿水净的美丽中国。

1.1 环境

1.1.1 基本概念

(1) 环境

环境是人类进行生产和生活活动的场所,是人类生存发展的物质基础。对于环境科学来说,环境主要是指人类的生存环境,包括两个方面:一是个体或群体周围的自然状况或物质条件;二是影响个体和群体的复杂的社会、文化条件。

《中华人民共和国环境保护法》指出:“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、湿地、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”。这里的“环境”就是环境保护的对象,有三个特点:一是主体是人类;二是既包括天然的自然环境,也包括人工改造后的自然环境;三是不包含社会因素。

环境具有三个基本特征:①整体性与区域性;②变动性与稳定性;③资源性与价值性。

(2) 环境要素

环境要素也称环境基质,是构成人类环境整体的、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。环境要素可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,包括水、大气、生物、岩石和土壤,以及声、光、电磁辐射等。

环境要素组成环境的结构单元,环境结构单元又组成环境整体(或称环境系统)。地球表面各种环境要素及其相互关系的总和即地球环境系统。如由水组成水体,全部水体总称为水圈;由生物体组成生物群落,全部生物群落构成生物圈。

(3) 环境质量

环境质量是环境系统客观存在的一种本质属性,因人对环境的具体要求而形成的评定环境的一种概念。环境质量是确定具体的环境质量要素,用定性和定量的方法加以描述的环境系统所处的状态,对照环境质量紧密相关的环境质量标准体系,通过环境质量评价的结果来表征。

环境质量包括自然环境质量和社会环境质量。自然环境质量包括物理的、化学的、生物的质量,如通过对自然环境质量的了解,可以确定环境要素(水体、大气、土壤、植物等)受到污染的程度。社会环境质量包括经济的、社会的、文化的、美学的质量等等。人类通过生产和消费不断地改变着周围的环境质量,环境质量的变化又不断地反馈作用于人。环境质量是环境总体或某些要素对人群健康、生存和繁衍以及社会经济发展适宜程度的量化表达,而人类对环境质量的要求是全面的,既包括对自然环境质量的要求,也包括对社会环境质量的要求。简单地说,没有受到污染的舒适、宜人的环境,环境质量就好;反之,环境质量就差。

(4) 环境容量

环境容量包括自然环境容量和社会环境容量。自然环境容量是指自然界为人类生存提供的各种自然条件,包括抵抗外界干扰的能力,使系统保持相对稳定。社会环境容量是指资源、经济、人口在同一时空中的总效应。

对一定区域,在人类生存、自然生态不受危害的前提下,经过其自然净化能力,在特定的污染源布局 and 结构条件下,为达到环境目标值,所容许的污染物最大排放量是环境保护管理中通常所指的环境容量。某区域环境容量的大小与该区域本身的组成、结构及其功能有关。通过人为的调节,控制环境的物理、化学及生物学过程,改变物质的循环转化方式,可以提高环境容量,减轻污染危害,改善环境质量。环境容量按要素可细分为大气环境容量、水环境容量、土壤环境容量和生物环境容量等。此外,还有人口环境容量、城市环境容量等。

(5) 环境的功能

正确认识环境的功能,才能合理利用环境和自觉保护环境。环境具有以下四个功能:

① **资源功能** 为人类生存和发展提供所需要的资源,如矿产资源、空气、水、食物、药材、工业原料、土壤等。

② **调节功能** 自然环境的各个系统是开放变化的动态系统,存在物质和能量的变化及相互交换,在一定的时空尺度内,系统的输出和输入是平衡的,当外部输入大于输出时,在一定的强度下,可通过自我调节使环境的正常功能不被破坏。

③ **服务功能** 调节气候、净化环境、减缓灾害、提供休闲娱乐场所等,这些服务人类自身不能替代,人类社会的正常生活也是由生态系统的服务提供的。

④ **文化功能** 人类的文化、艺术素质是对自然环境生态美的感受和反映,秀丽的名山大川、众多的物种及其和谐而奥妙的内在联系,使人类领悟到了自然界中充满美的艺术和无限的科学规律。

1.1.2 人类生存环境的形成和发展

人类的生存环境不是本来就有的,它的形成经历了一个漫长的发展过程。

地球是茫茫宇宙中迄今为止发现的唯一存在智能生物的星体,地球的形成和演化经历了一个漫长的过程。根据“星云假说”的解释,距今大约60亿年以前,地球的轮廓尚未形成,是一团没有凝聚在一起的混杂着大量宇宙尘埃的星云状气尘物质,到距今大约45亿~20亿年前这段时期,地球星体和原始的地理环境逐渐形成。随着地球物质分异过程的持续进行,多种原始火山气体(如 CO_2 、 CH_4 、 NH_3 、 H_2S 等)上升至地表形成了原始的大气圈。随着地球内部温度的升高,原来存在于地球内部的结晶水大量蒸发进入地球表面的原始大气层,冷凝后形成大气降水,在地球表面逐渐形成了河流、湖泊和海洋等水体。

在地球的原始地理环境刚刚形成的时候,地球上没有生物(当然更没有人类),只有原子、分子的化学及物理运动。地球形成的初期,大气中没有氧和臭氧,辐射到地球表面的紫外线十分强烈,而海洋中由于水层能挡住紫外线和宇宙射线,加上海水具有流动性、恒温性、不恒压性以及巨大的气-液界面和固-液界面等特点,有利于物质的积累、浓缩、迁移和充分利用太阳能,并有利于发生化学、物理和生物的变化,于是,海洋成为原始生命的诞生地、保护伞和储存库。

大约35亿年前,由于太阳紫外线的辐射,在地球内部的内能和来自太阳的外能的共同作用下,海洋中溶解的无机物转变为有机物,进而合成氨基酸、蛋白质等有机大分子,并继续形成最简单的、无氧呼吸的原始生物(细菌)。大约30亿年前,这种原始细菌逐步演化出有叶绿素的原核生物——蓝藻等,进行光合作用,吸收简单的矿物质营养和 CO_2 ,放出 O_2 ,以 CO_2 、 CH_4 、 CO 为主要成分的还原大气演化成以 N_2 和 O_2 为主要成分的氧化大气。

大约在4亿~2亿年前,大气中氧的浓度趋近于现代的程度水平,并在大气平流层形成臭氧层,为高等海洋生物的进化和生命登陆创造了条件。

在原始海洋中,随着藻菌生态系统的进化,在15亿~10亿年前出现了单细胞真核植物,约在6亿年前海洋中出现动物,在4亿年前出现陆生蕨类,水生生态逐渐演化到陆生生态,绿色植物通过叶绿体利用太阳能对水进行光解释放出氧气。在距今2亿多年前出现了爬行动物,随后又经历了相当长的时间,哺乳动物的出现及森林、草原的繁茂为古人类的诞生创造了条件,距今大约300万~200万年前古人类从古猿系统中分化出来。

人类的诞生使地表环境的发展进入了一个在人类参与和干预下发展的高级阶段——人类与其生存环境辩证发展的新阶段。人类是物质运动的产物,是地球的地表环境发展到一定阶段的产物,环境是人类生存与发展的物质基础,所以人类与其生存环境是统一的;人与动物有本质的不同,人会主动支配自然界,使自然界为自己服务,因而人类与其生存环境又有对立的一面。人类与环境这种既对立又统一的关系表现在整个人类环境系统的发展过程中。人类利用和改造环境,把自然环境转变为新的生存环境,而新的生存环境又反作用于人类。今天人类赖以生存的环境是在自然背景的基础上经过人工改造加工形成的,它凝聚着自然因素和社会因素的交互作用,体现着人类利用和改造自然的性质和水平,影响着人类的生产和生活,关系着人类的生存和发展。

1.1.3 环境系统的组成

人类的生存环境已形成一个复杂庞大的、多层次多单元的环境系统。从环境科学研究的角度来看,环境既包括自然环境,也包括经济环境和社会环境。从依法开展环境保护工作的角度来说,环境指的是“自然因素的总体”,包括了天然的和经过人工改造的自然环境。如果从环境要素的角度来考虑,环境可以再分为大气环境、水环境、土壤环境及生物环境;如按照性质分类,环境可分为物理环境、化学环境和生物环境。由于整个环境系统受人类活动的影响,在不断发展变化着,地球上已很难找到未经人类改造过的自然环境。环境在时间上是随着人类社会的发展而发展,在空间上是随着人类活动领域的扩张而扩张。为了便于从总体上对环境进行综合性研究,可以根据其与人类生活的密切关系和人类对自然环境改造加工的程度,由近及远、由小到大分为聚落环境、地理环境、地质环境和星际环境,下面仅简述前两类环境。

(1) 聚落环境

聚落是人类聚居的地方,也是与人类的生产和生活关系最密切、最直接的环境。特别是城市环境,它是工业、商业、交通汇集和非农业人口聚居的地方,更是高度人工化的环境。由于经济发达、人口密集、工商业活动频繁、资源与能源消耗大,聚落环境(特别是城市环境和村镇环境)受到的污染也日趋严重,因而近年来对聚落环境的研究引起人们的注意。

(2) 地理环境

地理环境是由与人类生产和生活密切相关的,直接影响到人类饮食、呼吸、衣着和住行的水、气、土、生物等因素构成的复杂的对立统一体。它位于地球表层,处于岩圈、水圈、气圈、土圈和生物圈相互制约、相互渗透、相互转化的交错带上,下起岩圈的表层,上至气圈下部的对流层顶,包括了全部土圈,其范围大致与水圈和生物圈相当。这里是来自地球内部的内能和主要来自太阳的外能的交锋地带,常温常压的物理条件、适当的化学条件和繁茂的生物条件构成了人类活动的舞台和基地。

1.2 环境问题

环境问题是指由于人类活动或自然原因引起环境质量恶化或生态系统失调,对人类的生活和生产带来不利的影响或灾害,甚至对人体健康带来有害影响的现象。环境问题多种多样,归纳起来有两大类:一类是自然演变和自然灾害引起的原生环境问题,也叫第一环境问题;另一类是人类活动引起的次生环境问题,也叫第二环境问题。原生和次生两类环境问题,两者很难截然分开,它们常常是互相影响和互相作用的。

环境科学与环境保护所研究的主要问题不是自然灾害问题(原生或第一环境问题),而是人为因素引起的环境问题(次生或第二环境问题)。这种人为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,人为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。

1.2.1 环境问题的由来与发展

从人类诞生开始就存在着与环境的对立统一关系,就出现了环境问题。从古至今随着人类社会的发展,环境问题也在发展变化,大体上经历了以下四个阶段。

(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,只是天然食物的采集者和捕食者,人类活动对环境的影响不大。那时“生产”对自然环境的依赖十分突出,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。

随后,人类学会了培育、驯化植物和动物,开展了农业和畜牧业,这在生产发展史上是一次大革命。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,但与此同时也产生相应的环境问题,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(或工厂),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年代以前)

随着生产力的发展,在18世纪60年代至19世纪中叶,生产发展史上出现了又一次伟大的革命——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上的大生产所代替,大幅度地提高了劳动生产率,增加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,也改变了环境中的物质循环系统,扩大了人类的活动领域。但它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废弃物污染环境,使污染事件不断发生。如1873年12月、1880年1月、1882年2月、1891年12月、1892年2月,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,比利时的马斯河谷工业区由于工厂排出的有害气体,在逆温条件下造成了严重的大气污染事件。蒸汽机的发明和广泛使用使大工业日益发展、生产力大幅度提高,但环境问题也随之发展并逐步恶化。

(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:首先是大规模环境污染致使“公害”病和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、1953~1956 年日本的水俣病事件、1961 年的四日市哮喘病事件、1955~1972 的骨痛病事件等;其次造成了自然环境破坏、资源稀缺甚至枯竭,开始出现区域性生态平衡失调现象。在 20 世纪 50~60 年代形成了第一次环境问题高潮。这主要是由下列因素造成的:

① **人口迅猛增加,都市化速度加快** 刚进入 20 世纪时全球人口为 16 亿,至 1950 年增至 25 亿(经过 50 年人口约增加了 9 亿);20 世纪 50 年代之后,1950~1968 年仅 18 年间就由 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 年迅速增至 879 座,其中百万人以上的大城市约 69 座。在许多发达国家,有 50% 的人口住在城市。

② **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 亿吨标准煤,至 1950 年就猛增至 25 亿吨标准煤;到 1956 年石油的消费量也猛增至 6 亿吨,在能源中所占的比重加大,增加了新的污染。大工业的迅速发展和人们薄弱的环境意识必然导致第一次环境问题高潮的出现。

当时,工业发达国家环境污染的严重程度直接威胁到人们的生命安全,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,是人类认识环境问题的一个里程碑。工业发达国家把环境问题摆上了议事日程,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,环境污染开始得到有效控制,城市和工业区的环境质量明显改善。

(4) 环境问题的第二次高潮 (20 世纪 80 年代以后)

环境问题的第二次高潮是伴随着环境污染和生态破坏的扩大,在 20 世纪 80 年代初开始出现的。人们共同关心的影响范围大、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、土壤侵蚀和沙漠化;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)、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。在 1979~1988 年间这类突发的严重污染事故就发生了 10 多起。这些全球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。

目前环境问题呈现出全球化、综合化、社会化、高科技化、累积化和政治化的特点。

① **全球化** 过去环境问题的污染范围、危害对象或产生的后果主要集中在污染源附近或特定的生态环境中,影响空间有限。现在一些污染物可能跨国、跨地区流动,如一些跨国河流,上游国家造成的污染可能危及下游国家;一些国家产生的酸雨污染物可能在别国产生酸雨;气候变暖、臭氧层空洞等,其影响的范围、产生的后果都是全球性的。

当代许多环境问题涉及高空、海洋甚至外层空间,影响的空间尺度已远非农业社会和工业化初期出现的环境问题可比,具有大尺度、全球性的特点。

② **综合化** 过去的环境问题主要是污染对人类健康的影响,而现在的环境问题涉及人类生存环境的各个方面,如森林锐减、草场退化、沙漠扩大、沙尘暴频发、大气污

染、物种减少、水资源危机等。解决当代环境问题要将区域、流域、国家乃至全球作为一个整体,综合考虑自然规律、解决贫困、可持续发展、资源的合理开发与循环利用、人类人文和生活条件的改善与社会和谐等,是一个复杂的系统工程,需要考虑各方面因素。

③ **社会化** 过去主要是科技界的学者、环境问题的受害者以及相关的环境保护机构和组织关心环境问题,而当代环境问题已影响到社会的各个方面,影响到每个人的生存与发展,环境问题已成为全社会共同关心的问题。

④ **高科技化** 随着科学技术的迅猛发展,由高新技术引发的环境问题越来越多,如核事故、电磁波、噪声引发的环境问题,超音速飞机引发的臭氧层破坏,航天飞行引发的太空污染等,这些环境问题影响范围广、控制难、后果严重,已引起世界各国的普遍关注。

⑤ **累积化** 人类已进入现代文明时期,进入后工业化、信息化时代,但历史上不同阶段所产生的环境问题依然存在并影响久远,同时现代社会又产生了一系列新的环境问题,因此,各种环境问题日积月累、组合变化,形成集中暴发的复杂局面。

⑥ **政治化** 随着环境问题的日趋严重和全人类环保意识的提高,各国对环境保护也愈加重视。当代环境问题已不再是单纯的技术问题,而是重要的国际、国内政治问题,成为国际合作交流与政治斗争的重要内容,如各国在环境责任和义务的承担、污染转嫁等问题上经常产生矛盾并进行激烈的斗争。一些以环保为宗旨的组织,如绿色和平组织等,已成为政治舞台上新的政治势力。环境问题已成为需要国家通过法律、规划和综合决策进行处理的大事,成为评价政治人物、政党政绩的重要内容,也成为社会环境是否安定、政治是否开明的重要标志之一。

1.2.2 环境问题的实质

从环境问题的发展历程可以看出,人为的环境问题随人类的诞生而产生,并随着人类社会的发展而发展。从表面现象看,工农业的高速发展造成严重的环境问题,局部虽有所改善,但总的趋势仍在恶化,因而在发达的资本主义国家出现了“反增长”的错误观点。诚然,发达的资本主义国家实行高生产、高消费的政策,过多地浪费资源、能源,应该进行控制;但是,发展中国家的环境问题主要是由贫困落后、发展不足、缺少妥善的环境规划和正确的环境政策造成的。所以只能在发展中解决环境问题,既要保护环境,又要促进经济发展。只有处理好发展与环境的关系,才能从根本上解决环境问题。

综上所述,造成环境问题的根本原因是人类对环境的价值认识不足,缺乏妥善的经济发展规划和环境规划。环境是人类生存发展的物质基础和制约因素,人口增长,从环境中取得食物、资源、能源的数量也必然要随之增长。人口的增长要求工农业迅速发展,为人类提供越来越多的工农业产品,再经过人类的消费过程(生活消费与生产消费),变为“废物”排入环境,或降低环境资源的质量。环境的承载能力和环境容量是有限的,如果人口的增长、生产的发展不考虑环境条件的制约作用而超出环境的容许极限,就会导致环境的污染与破坏,造成资源的枯竭和人类健康的损害。所以,环境问题的实质一是由于盲目发展、不合理开发利用资源而造成的环境质量恶化和资源浪费,甚至枯竭和破坏;二是由于城市化和工农业高速发展而引起的环境污染。总之,环境问题是人类社会发展与环境不和谐所引起的。

1.3 环境污染与人类健康

1.3.1 环境污染

人类活动（经济活动、政治活动和社会活动）导致环境的变化以及由此引起的对人类社会和经济发展的效应即为环境影响。环境影响按影响来源可分为直接影响、间接影响和累积影响；按影响效果可分为有利影响和不利影响；按影响性质可分为可恢复影响和不可恢复影响；还可分为短期影响和长期影响，地方影响、区域（或国家）影响和全球影响等。

环境污染是指由于某种物质或能量的介入使环境质量恶化的现象，是各种污染因素本身及其相互作用的结果。能够引起环境污染的物质被称为污染物，如二氧化硫、氮氧化物等有害气体，铅、汞等重金属等。污染物质对环境的污染有一个从量变到质变的发展过程，当某种可能造成污染的物质的浓度或其总量超过环境的自净能力时就会产生危害，环境就受到了污染。能量的介入也会使环境质量恶化，如热污染、噪声污染、电磁辐射污染等。环境污染具有两个特点：①时间分布性，污染物的排放量和污染因素的强度随时间而变化；②空间分布性，进入环境的污染物质或因素由于扩散、稀释、迁移、转化，在不同空间位置上的浓度和强度是不同的。

一般来说，未经污染的环境是适合人体功能的，在这种环境中人体能够正常地吸收环境中的物质从而进行新陈代谢的生命活动。但当人类过度活动，超出环境的容许极限时，就会导致环境的污染。环境受到污染后，污染物通过各种媒介侵入人体，将会毒害人体的各种器官组织，使其功能失调或者发生故障，同时可能引起各种疾病，严重时将危及生命。

环境污染既可由人类活动引起，如人类生产和生活活动排放的污染物对环境的污染，也可由自然原因引起，如火山爆发释放的尘埃和有害气体对环境的污染。环境保护中所指的环境污染主要是指人类活动造成的污染。

环境污染的类型，按环境要素可分为大气污染、水体污染和土壤污染等；按污染物的性质可分为生物污染、化学污染和物理污染；按污染物的形态可分为废气污染、废水污染、固体废物污染以及噪声污染、辐射污染等；按污染物产生的来源可分为工业污染、农业污染、交通运输污染和生活污染等；按污染物的分布范围又可分为全球性污染、区域性污染、局部性污染等。

1.3.2 环境污染物侵入人体的途径及转化

环境污染物可以通过多种途径侵入人体。大气中的有毒气体和烟尘主要通过呼吸道作用于人体；水体和土壤中的毒物主要通过饮用水和食物经过消化道被人体所吸收；一些脂溶性毒物如苯、有机磷酸酯类和农药，以及能与皮肤的酯中酸根结合的毒物如汞、砷等，经过皮肤被人体吸收。

(1) 呼吸道系统

成人每天呼吸 20000 次以上，每次呼吸的空气量大约为 500mL，平均每天吸入 15kg 空气，是摄入食品量的 10 倍。大气中的污染物很容易通过呼吸道进入人体。整个呼吸系统包

括气管、支气管及肺泡等，黏膜组织都能吸收毒物，吸收能力又以肺泡最强。经肺泡吸收的毒物，不经过肝脏而直接进入血液循环从而分布到全身，造成很大危害。如飘浮在空气中的气溶胶小粒子很容易被人吸入并沉积在支气管和肺部，特别是粒径小于 $1\mu\text{m}$ 的粒子可以直达肺泡内，而这些小粒子中富集了大量的有毒物质。

(2) 消化道系统

污染物也可以经由口腔、肠、胃进入人体，肠胃及口腔黏膜均可吸收毒物，不过经肝脏的解毒作用之后，污染物才分布到全身，但污染物对口腔、肠胃及肝脏等器官会造成危害。

(3) 皮肤

有毒物质如苯、二硫化碳和有机磷化物等脂溶性物质可以通过皮肤的表皮经毛孔到达皮脂腺及腺体细胞而被吸收，还有些毒物可以通过汗腺进入人体。通过皮肤进入人体的毒物也是不经过肝脏而直接进入血液循环从而分布到全身。

通过上述途径侵入人体内的污染物在进入血液进行全身循环时，有的毒物在血液中与红细胞或血浆中的某些成分发生作用，破坏血液的输氧功能，抑制血红蛋白的合成代谢，发生溶血作用。有毒物质能在不同的身体器官和部位进行储存富集，产生毒性作用，或者进行生物转化作用，如铅蓄积在骨骼内，DDT蓄积在脂肪组织中等。很多污染毒物进入人体内后经过生物转运和生物转化被活化或被解毒。肾脏、肠胃等，特别是肝脏，对各种毒物具有生物转化功能。体内毒物以其原形或代谢产物作用于靶器官，产生毒害作用。最后毒物经肝脏、消化道和呼吸道排出体外，少数也可以随汗液、乳汁、唾液等排出体外，还有的在皮肤的代谢过程中进入毛发而脱离机体。

1.3.3 环境污染物对人体健康的危害

环境污染物对人体健康的危害是一个十分复杂的问题。依据传统毒理学的观点，污染物对人体的影响可能出现这几种情况：单独作用，即人体只是由于某一种污染因素发生危害；相加作用，即几种污染因素对人体的毒害作用彼此相似，且毒害作用等于单个污染因素毒害作用的加和；协同作用，即污染因素对人体的危害作用超过单一因素毒害作用的加和；拮抗作用，即两种或两种以上污染物对人体的危害彼此抵消一部分或大部分。

环境污染物对人体健康的危害按时间分为急性危害、慢性危害和远期危害三种。

(1) 急性危害

在短期内（或一次性的，通常是由事故引起），有害物质大量进入人体或动物机体所引起的中毒为急性中毒。常用动物实验来阐明环境污染物对机体的作用途径、毒性表现和对机体的剂量与效应之间的关系。急性毒作用一般以半数有效量（ ED_{50} ）来表示。 ED_{50} 如以死亡作为中毒效应的观察指标称为半数致死量（ LD_{50} ）或半数致死浓度（ CD_{50} ）。环境污染物毒性根据半数致死量分为五级，即极毒、高毒、中等毒、低毒和微毒。

急性危害对人体的影响最明显，环境污染事件都属于急性危害。

(2) 慢性危害

有害物质长时间持续作用于人或动物机体所引起的中毒称为慢性中毒。慢性中毒一般要经过长时间之后才逐渐显露出来。环境污染物对人体的慢性中毒作用，既是环境污染物本身在体内逐渐蓄积的结果，又是污染物引起机体损害逐渐积累的结果。例如，含铬污染物引起的骨痛病便是环境污染慢性中毒的典型例子。

人和动物对慢性中毒作用易呈现耐受性。但污染物长时间作用于机体，往往会损害体内

的遗传物质，引起突变，给机体带来远期危害，甚至通过遗传影响到子孙后代的健康。因此，慢性毒作用对人体的损害可能比急性毒作用更加深远和严重。

(3) 远期危害

远期作用包括“三致”作用，即致畸作用、致突变作用和致癌作用。环境污染物通过人或动物母体影响胚胎发育和器官分化，使子代出现先天性畸形的作用，称为致畸作用；环境污染物或其他环境要素引起生物体细胞遗传物质或遗传信息发生突然改变的作用是致突变作用；环境中致癌物质诱发肿瘤的作用称为致癌作用。目前已发现的致癌化学物质越来越多，但对于致癌物质的致癌机理尚不是十分清楚。

1.3.4 人类面临的主要环境问题

人类面临一系列亟待解决的环境问题，如酸雨、气候变化、臭氧层破坏、物种加速灭绝、水资源危机、能源短缺、土地荒漠化等。

1.3.4.1 酸雨

(1) 酸雨的产生

酸雨又称为酸沉降，它是指 pH 值小于 5.6 的天然降水（湿沉降，包括雨、雪、霜、雾、露、雹等）和酸性气体及颗粒物的沉降（干沉降）。

90% 以上的酸雨是由化石燃料燃烧产生的 SO_2 和 NO_x 排入大气中后转化而来的。据有关资料报道，欧美地区的酸雨中硫酸和硝酸的比例为 2 : 1；我国酸性降水中硝酸根离子和硫酸根离子的浓度比例已由 2000 年的 0.15 : 1 发展为 2015 年的 0.344 : 1。酸雨的发展与燃料消费数量、能源结构、技术水平以及人口增长均有关系。

酸雨的产生是一个非常复杂的化学过程。 SO_2 通过光化学氧化和催化氧化两种途径转化形成硫酸，其反应过程简述如下。

SO_2 吸收太阳的紫外线，活化成 SO_2^* ，即：



O_2 或 O_3 与 SO_2^* 反应：



或



SO_2 也能在大气中固体颗粒物所含的铁、锰、钒等金属盐的催化下氧化成 SO_3 ：



SO_3 与大气中的水分结合，即得硫酸：



SO_2 也可直接溶解在潮湿大气的水分中形成亚硫酸或硫酸：



NO_x 在空气湿度较高的条件下，在大气中固体颗粒物所含的铁、锰等金属盐的催化下氧化成硝酸：



一个地区出现酸雨不一定是酸雨区，应该根据该地区酸雨的年均 pH 值和出现酸雨的