

环境污染 治理技术 (第三版)

朱亦仁 编著



HUANJING WURAN ZHILI JISHU

中国环境科学出版社

高等院校环境类系列教材

环境污染治理技术

(第三版)

朱亦仁 编著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

环境污染治理技术/朱亦仁编著. —3 版. —北京: 中国环境
科学出版社, 2008.8

(高等院校环境类系列教材)

ISBN 978-7-80209-795-7

I. 环… II. 朱… III. 环境污染—污染防治—环境管理—
高等学校—教材 IV. X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 127475 号

责任编辑 沈 建 刘大澍

责任校对 扣志红

封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 1996 年第 1 版 2002 年第 2 版 2008 年 8 月第 3 版
印 次 2008 年 8 月第 4 次印刷
印 数 8 001—11 000
开 本 787×1092 1/16
印 张 24.75
字 数 560 千字
定 价 36.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

第三版前言

本书第二版自 2002 年 8 月由中国环境科学出版社出版以来,得到广大读者的厚爱,并在许多学校及企事业单位得到应用。考虑到六年来在污染防治技术领域已有了长足的进步,有必要向广大读者做一介绍。因此,在中国环境科学出版社的建议下,对本书再次进行了修订。

进入 21 世纪以来,环境污染已成为影响人类可持续发展的重大问题而受到全世界的广泛关注,环境污染防治技术的发展对保护人类赖以生存的环境起着十分重要的作用,但它却并不是唯一有效的方式。当今世界的环境问题都是由于人类对环境不正确的态度而产生的,因此,环境问题的最终解决也必须依靠全人类共同努力和国民环境意识的提高,教育则是实现这一目标的重要手段之一,这也正是作者编写本书的初衷,希望本书的再版能为中国环境保护事业的发展贡献微薄之力。

此次修订对第二版中部分内容和数据进行了增补和修改,鉴于高级氧化技术及纳米材料在污染治理领域应用日益广泛深入,因此对此内容作了较详细的阐述。同时,还对人们较关注的水体富营养化、汽车尾气污染、污水灌溉以及室内电磁污染、放射性污染的防护等方面的内容也作了适当补充。

当我动笔修订此书时,正值 5·12 四川汶川特大地震灾害发生之时,悲痛之余更应引起我们的深思,也许我们目前还无力抗拒自然界所带给人类的灾难,但人类由于自己的过错对环境所造成的危害则不应该再发生了!请关爱我们的家园——地球,珍惜地球上所有的生命。

本书借鉴和参考了国内外许多学者的著作、文献及相关资料,在此表示诚挚的谢意。

此次修订过程中,洛阳理工学院的徐晓辉同志协助对本书部分内容和数据进行了核对和修改,同时参与收集整理有关新型材料和技术在污染治理领域应用的资料,在此对她踏踏实实的工作表示感谢。

感谢我的夫人凌玉华在本书三次出版过程中所付出的默默无闻的艰辛劳动,她承担了全部的家务以使我能全身心地投入写作中去,并为文稿的抄写、输入及校对做了大量的工作。

最后对在本书再版过程中给予大力支持和帮助的中国环境科学出版社的各位同志,特别是对责任编辑刘大激先生表示深深的谢意,正是有了他们辛勤的工作和宝贵的建议,才使本书质量能有所提高并及时问世。

衷心希望广大读者能对本书多提宝贵的意见和建议,对书中可能存在的错误或不足之处敬请批评指正。

朱亦仁于江苏徐州

2008 年 5 月 19 日全国哀悼日

再版前言

《环境污染治理技术》一书自 1996 年 8 月出版以来已近六年，由于环境科学的迅速发展，人们的环境保护意识和污染防治技术都有了很大进步，新的理论、方法和技术不断涌现，为了满足我国环境保护事业的发展和高等院校环境教育工作的需要，应中国环境科学出版社之约，对本书进行修订。考虑到本书出版后已被许多院校选作教材使用，因此此次修订基本维持第一版时全书的体系框架不变，仍以废水、废气、固体废物的治理技术为主线，兼顾噪声、振动、辐射污染方面的内容。鉴于我国近几年城市建设和工业生产迅速发展而产生的光污染和热污染问题，又补充了这两类污染防治的内容。对原书中显得陈旧的内容和过时的数据也进行了删除和修改，并增加了近年来新发展的污染防治技术，力图把污染防治领域内的新动向介绍给广大读者。

环境污染所引起的一系列环境问题的本质是由于人类对环境与发展的关系处理不当而造成的，单纯依靠污染治理技术的进步并不能从根本上解决全球性的环境污染问题。20 世纪 80 年代末期提出的可持续发展战略已得到世界各国的普遍认可，是解决当今环境问题的唯一正确道路，故此次再版时增添了这部分内容。考虑到清洁生产实际上是可持续发展思想在人类生产活动中的体现，所以把第一版中第十五章“清洁生产”与新增的“可持续发展概论”合并列入本书的第五篇“可持续发展概论与清洁生产”。

自 2001 年起，我和徐州师范大学化学系的部分老师承担了江苏省教育科学“十五”规划课题——高师化学专业环境教育模式研究，作为课题成果之一，望本书的再版能为高等学校非环境专业的环境教育发挥积极的作用，并衷心希望使用本书的高校师生和其他读者能对本书的不足之处多提宝贵意见，以使其更加完善。

本书在编写中引用了许多近期文献资料，因体例所限，未能在书中一一注明，仅在书后列出部分参考书籍，以供读者查阅。此次再版得到了中国环境科学出版社刘大澍编辑和出版社的大力帮助和指导，同时还承蒙徐州师范大学化学系、教务处、科技处等有关部门及课题组同仁的热情鼓励和支持，在此一并致以谢意。

此次修订再版由于时间紧迫和本人水平所限，虽已尽力为之，但仍恐有不妥之处，望广大读者批评指正。

编者

2002 年 5 月于江苏徐州

序

保护人类生存的环境已越来越引起全球更多国家和人民的关注。一个国家、一个民族的环境意识是衡量社会发展进步和民族文明程度的重要标志。环境保护，早已被列为我国的“基本国策”之一，而加强环境教育，则是提高全民族的环境意识，实现环境保护这一基本国策的基础工程。

在 1992 年 6 月联合国召开的国际环境与发展大会以后，我国在 1992 年 11 月又专门召开了全国第一次环境教育工作会议，进一步促进了我国专业环境教育和普及环境教育事业的发展，环境教育内容已逐步纳入九年制义务教育有关课程的大纲之中。作为义务教育的工作母机，不少师范院校也顺应这一客观要求，将环境教育纳入教学计划，以期培养出不但具有强烈的环境意识，而且擅长于进行环境教育并能对环境问题进行研究的、面向 21 世纪的新型师资。

阜阳师范学院是高师院校中环境教育开展较早的单位，在他们的十多年教学实践中，在化学、生物、物理等相关系科教学计划中，环境教育的课程不断加强，取得了不少成绩和经验。在 1993 年开始执行的世界银行贷款“中国师范教育发展项目”中，他们又承担了“在高师院校中开展环境教育的教学与研究”改革课题，在环境教育方面加快了步伐，增大了力度。朱亦仁副教授的《环境污染治理技术》一书就是在多年教学、研究和改革实践的基础上，在世行贷款改革课题计划的推动下，不断充实、完善所取得的成果。

本书与一般环境科学读物相比，有明显特色：

其内容选择充分适应中学环境教育相关内容的需要，对环境污染的末端治理侧重于基本原理和技术的介绍，内容广泛全面，说理深入浅出。各章节和高师院校相关专业（化学、生物、物理）现有专业课程密切联系，相互渗透，使本书既可以作为一门独立课程的教材，也可作为相关系科专业课程的参考书。本书作者多年来一直亲身从事环境污染治理的教学和研究工作，积极参与国内国际的学术交流，所以书中不少地方反映了本领域内的新技术、新发展，体现了环境与发展相协调的可持续发展思想，体现了由末端治理向全过程控制、清洁生产转移的新环境战略。

本书不仅可以作为高等师范院校相关课程的教材或教学参考书，也可以作为各级管理人员和实际工作人员丰富环境治理知识、参与环境决策的参考书。作为世界银行贷款“师范教育发展项目”改革课题计划专家组的负责人，我非常乐意在本书问世之际将它推荐给读者，并期望它在广大读者的关心与支持之下，能得到进一步的充实与提高。

屠国华

1996 年春节于南京

编者的话

本书的读者对象主要是高等师范院校的师生，同时也可作为中等学校教师的教学参考书和职业培训教材。根据高等师范院校学生的特点和中学开展环境教育的需要，全书在内容选择和体系安排上尽可能做到系统全面、简明扼要，侧重于对环境污染治理的基本原理和技术方法的介绍，力求反映出该领域内的最新成果和发展趋势，并体现出环境与经济发展相协调的可持续发展的思想以及由末端治理向全过程控制转移的新的环境保护战略，以有利于帮助人们正确认识环境、掌握解决环境问题的知识和技术，促进人们树立可持续发展观念，提高有效参与的技能。本书还注意到和师范院校相关专业现有专业课程的联系和相互渗透，使之成为某些专业课程的延伸和补充。

本书由世界银行贷款“师范教育发展项目”资助出版，“师范教育发展项目”改革课题计划专家组长、南京师范大学副校长屠国华教授对本书的编写给予很大的鼓励和支持，并亲自为之作序。阜阳师范学院外资贷款办公室负责人戴修法副院长、余颖棣处长和邹斌副处长也给予全力支持和帮助。中国科技大学李健民教授、华东理工大学黑恩成副教授、郑树亮副教授和阜阳师范学院董金庭副教授详细地审阅了书稿并提出了许多宝贵的修改意见，南京大学程树培副教授、阜阳师范学院范少华副教授、张宏永副教授、刘远浩高级实验师和吴成康副处长也提供了不少帮助。本书还得到了中国环境科学出版社责任编辑热情帮助和指导，对本书的编辑和加工做了许多工作，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

1996年元月于安徽阜阳

目 录

概 论	1
一、生态系统与生态平衡	1
二、环境污染	3
三、环境污染对人体健康的危害	6
四、环境污染物及其来源	8
五、环境保护	10

第一篇 废水治理技术

第一章 水污染及其治理的基本概念	17
第一节 水资源与水资源危机	17
第二节 水体污染及污水水质指标	19
第三节 废水处理技术概述	24
第二章 废水的物理处理法	31
第一节 均衡和调节	31
第二节 沉淀法	33
第三节 隔油	38
第四节 隔滤法	42
第五节 磁力分离	49
第三章 废水的化学处理法	52
第一节 化学混凝法	52
第二节 中和法	65
第三节 氧化还原法	69
第四节 化学沉淀法	74
第五节 电解法	76
第六节 高级氧化技术	78
第四章 废水的物理化学处理法	87
第一节 吸附法	87
第二节 离子交换法	93
第三节 膜分离法	104

第四节	萃取、汽提和吹脱	118
第五章	生物化学法	125
第一节	废水处理中的微生物学基础	125
第二节	生物化学法概述	128
第三节	活性污泥法	134
第四节	生物膜法	145
第五节	生物塘法	151
第六节	厌氧生物法	155
第七节	污泥的处理与处置	158
第八节	水体富营养化及其防治	160
第六章	废水再生回用和最终处置	163
第一节	废水的再生回用	163
第二节	废水的土地处理与污水灌溉	168
第三节	废水的最终处置	172

第二篇 大气污染治理

第七章	大气污染的基本概念	177
第一节	大气的结构及组成	177
第二节	大气污染和大气污染物	179
第三节	大气污染对全球大气环境的影响	182
第八章	大气污染治理技术之一——颗粒污染物的治理	190
第一节	概述	190
第二节	重力沉降法	193
第三节	惯性除尘	195
第四节	离心力除尘	197
第五节	过滤除尘	200
第六节	静电除尘	203
第七节	湿法除尘	207
第八节	除尘装置的选择	211
第九章	大气污染治理技术之二——气态污染物的治理	213
第一节	吸收法	213
第二节	吸附法	223
第三节	冷凝法	230
第四节	催化转化法	233

第五节	燃烧法.....	239
第六节	生物净化法.....	241
第七节	膜分离法.....	244
第八节	气态污染物的其他治理方法.....	246
第九节	大气污染的综合防治.....	248

第三篇 固体废物的治理

第十章	固体废物概论.....	253
第一节	固体废物及分类.....	253
第二节	固体废物的排放及危害.....	254
第三节	危险废物.....	257
第四节	固体废物的处理、处置方法及管理技术.....	259
第十一章	固体废物的处理技术和最终处置.....	262
第一节	固体废物的物理处理.....	262
第二节	固体废物的化学处理.....	270
第三节	固体废物的生物转化处理.....	271
第四节	固体废物的焚烧和热解.....	276
第五节	固体废物的固化处理.....	280
第六节	固体废物的最终处置.....	284
第十二章	固体废物的资源化.....	291
第一节	概述.....	291
第二节	煤炭系固体废物的利用.....	292
第三节	冶金工业废渣的综合利用.....	299
第四节	矿业固体废物的综合利用.....	303
第五节	化工废渣的综合利用.....	304
第六节	有机废物的处理和利用.....	310
第七节	农业固体废物的处理和利用.....	312
第八节	城市垃圾的综合利用.....	313

第四篇 其他污染防治技术

第十三章	噪声和振动的防治技术.....	319
第一节	噪声的基本概念.....	319
第二节	噪声控制治理概述.....	323
第三节	噪声防治技术.....	324
第四节	振动防治技术.....	336

第十四章 辐射污染控制技术	340
第一节 放射性污染控制技术	340
第二节 电磁辐射治理技术	346
第三节 室内电磁污染及放射性污染的防护	348
第十五章 热污染及其防治	350
第一节 热污染的基本概念	350
第二节 光污染及其防护	352
第五篇 可持续发展与清洁生产	
第十六章 可持续发展战略概论	357
第一节 概述	357
第二节 可持续发展战略在中国的实施	359
第十七章 清洁生产	362
第一节 清洁生产的基本概念	362
第二节 清洁生产的途径	367
第三节 清洁生产的实践	377
参考文献	384

概 论

一、生态系统与生态平衡

1. 生态系统

生态系统一词是英国生态学家 A.G.Tansley 于 1936 年首先提出, 后来前苏联地植物学家 V.N.Sucachev 又从地植物学的研究出发, 提出了生物地理群落(即生物群落本身和周围地理环境所组成的一个生态功能单位)的概念。这两个概念都把生物和非生物环境看成是互相影响、彼此依存的统一体。自然界中的生物是以生物群落而存在, 生物群落是指在一定的自然区域中许多不同种群生物的总和。生物群落并不是孤立地存在的, 它们与大气、水、土壤、岩石等非生物环境因素之间互相作用, 关系密切, 并且不断地进行着物质和能量的交换。我们把这种生物群落和非生物环境的综合体称为生态系统。世界著名的生态学家 E. P. 奥德姆指出: 生态系统就是包括特定地段中全部生物和物理环境的统一体, 可以把它看为在一定空间内生物和非生物成分通过物质的循环、能量的流动和信息的交换而相互作用, 相互依存所构成的生态学功能单位。因此, 生态系统就是在一定空间中共同栖居着的所有生物与环境之间不断地进行物质循环和能量流动过程而形成的统一整体。它是在自然界客观存在的实体, 是生命系统(动物、植物和微生物)和环境系统在特定空间的组合。

近几十年生态系统研究已成为生态学的主流, 它和人类社会的可持续发展有密切关系。人类目前所面临的诸如温室效应、臭氧层破坏、酸雨等一系列全球性的环境问题都和生态系统的破坏密切相关。生态系统的原理也为许多学科所接受和应用, 如农业上的农业生态系统、濒危物种和生物多样性保护、经济学中生态经济学的形成等。

一个完整的生态系统由以下四种组成成分构成。

(1) 生产者 生产者是指可利用太阳能或其他形式能量将简单无机物制造成有机物的各类自养生物, 包括绿色植物、光合细菌和化能合成细菌等。它们可以进行光合作用生产有机物, 同时还能将光能转化为化学能贮存在生成的有机物中; 一方面供给自身生长发育, 另一方面也是其他生物食物和能源的供给者。

(2) 消费者 消费者指不能利用太阳能或其他形式能量将简单无机物制造成有机物, 只能直接或间接地依靠、利用生产者制造的有机物来供给自身的需要, 属异养生物, 主要包括各种动物(食草动物、食肉动物)。

(3) 分解者 分解者是异养生物, 主要指各类微生物及土壤原生动物和小型脊椎动物。它们可以将生产者和消费者的生物残体分解为简单无机物归还于自然环境中, 再供

给生产者。分解者对生态系统的“自净”有着十分重要的作用。分解过程常常由一系列复杂过程组成，各个阶段分别由不同的生物来完成。

(4) 非生物组分 非生物组分指各种环境要素，包括能量因子和物质因子，能量因子有太阳能、风能、核能等；物质因子包括岩石、土壤、大气、水等基质和介质，光照、温度、湿度、风等气候要素，以及生物生命活动的代谢物如 CO_2 、 O_2 、 N_2 等空气成分和 N、P、K、Ca、Fe 等矿物元素及无机盐、非生物成分的有机质等。它们为生物提供了必要的生存环境和营养元素。

生态系统在空间上的范围是不确定的，小到含有微生物细胞的一滴水，大到整个生物圈都可以看作是一个生态系统；另外，一个村落、一个工厂、一座城市也能视为一个生态系统。无论生态系统是大还是小，各种生物体和非生物体之间的相互作用、相互制约的关系都是相同的。小的生态系统可以联合成大的生态系统，简单的生态系统也可以组合成复杂的生态系统，生物圈则是最大、最复杂的生态系统，所以我们可以把生物圈称为生态圈。

2. 生态平衡

自然界中的生态系统不是静止不变的，而是处于不断的运动和变化之中，并保持着一种暂时的动态平衡，我们称之为生态平衡。具体地说，就是在一定时间内，生态系统中生物种群之间通过能量流、物质流、信息流的传递而达到相互适应、协调统一的状态，处于动态平衡之中，这种动态平衡就称为生态平衡。生物系统的各个层次都涉及生态平衡问题。

生态系统之所以能保持动态平衡，主要在于系统内部的自动调节能力。例如在一个小池塘中，浮游植物、浮游动物、鱼类、微生物、水和污泥、溶解氧构成了一个小生态系统。鱼类依靠浮游动物和浮游植物生存，鱼死了之后在微生物的作用下分解为浮游动物和浮游植物的营养物。微生物在分解过程中消耗了水中的溶解氧，而浮游植物的光合作用又产生了新的氧分来补充氧的消耗。这样，浮游植物、浮游动物、鱼类、微生物之间相互依赖，相互作用，进行系统内部的自动调节，使整个生态系统保持着一种暂时的动态平衡。由此可见，看一个生态系统是否处于平衡状态，应从三个方面去考虑：结构上的平衡，功能上的平衡及输入输出物质数量上的平衡。一个生态系统如果具备了这三个方面的平衡，我们就可以说它是处于生态平衡之中。

生态平衡是一种相当复杂的生态现象，它始终处于动态变化之中，所以说生态平衡首先是一种动态平衡。再者，生态平衡是一种有条件的、暂时的平衡。这是因为在一个生态系统内有许多彼此对立的力量在起作用，例如植物的生长和死亡，水中溶解氧的消耗和产生等。当这些对立的力量对比由于某种原因而发生变化时，就会对生态系统产生一定的干扰，但这并不会马上导致生态系统的破坏。因为生态系统可以通过对抗互解的调节机制来维持自己的存在，在新的基础上达到新的平衡，即生态系统内部具有自动调节的能力。当系统的某一部分出现异常时，就可能被其他部分的调节所抵消。但是，生态系统的调节能力是有限的，如果外界的干扰超过了它的调节限度，平衡就会遭到破坏，并产生严重后果和一系列恶性循环。例如，20 世纪初澳大利亚为了对付一种危害甘蔗的甲虫，从非洲引进了一种体重可达 1.5~2 kg 的特大型青蛙，这种青蛙到了澳大利亚以后，由于它们的胃口极大，很快将甘蔗田里的甲虫消灭干净。可是好景不长，害虫吃光之后

又大吃起益虫来了，成了益虫的天敌，它们还会排出毒汁，使人畜受到伤害。由于这种非洲蛙繁殖极快，又无天敌，如何尽快地控制、消灭它们，就成了科学家们又一新的难题。

生态平衡受到破坏除了人为因素外，也受到自然界异常变化的影响，如地震、火山爆发、森林火灾等，都可能使某一区域的生态平衡受到破坏。

二、环境污染

1. 环境污染的含义

生态系统的平衡只是一种暂时的动态平衡。由于系统的内部因素或外部条件的影响，这种平衡也会遭到暂时、局部的破坏，产生我们所说的环境污染问题。生态系统受到破坏的原因有两类：一类是自然界本身变异所造成的破坏或自然环境中本来存在着对人类及其他生物生存有害的因素，这一类问题称为原生环境问题。火山爆发、地震、水旱灾害、台风、海啸、流行病等都属于这一类问题。虽然这些因素对生态系统的破坏是极其严重的，且具有突发性的特点，但这类因素通常只是局部的、出现的频率不高，对人类生存影响并不是很大。例如火山爆发会产生大量的二氧化碳、二氧化硫、火山灰等有害物质（美国华盛顿州的圣·海伦斯山在1982年6个月内就喷出 9.1×10^5 t二氧化碳），从而破坏了自然界原有的碳、硫循环，污染了环境。另一类是由于人类活动的影响所造成的环境问题，也称次生环境问题。人类在利用自然资源进行生产活动，改善人类生活条件的同时，也向周围环境排出了大量的废弃物，其数量远远超过了生态系统的自身调节能力，正常的生态关系被打乱，造成了生态平衡的失调，产生了环境污染，这种环境污染的程度可以简单地用下式来表示。

人类活动的冲击、破坏—包括自净功能在内的自然界动态平衡恢复能力=环境污染所造成的公害

例如，自工业革命以来由于矿物燃料的大量使用，致使每年向大气中排放的二氧化碳量高达200亿t以上，破坏了原有环境中的碳循环，加之地球上大片原始森林被采伐（地球上目前每分钟就有20 km²的热带森林被砍伐），草原被开垦，绿色植物吸收二氧化碳量减少，造成大气中二氧化碳含量显著趋于增长，在环境中产生所谓的“温室效应”，促使地球变暖，这是人类有史以来共同面临的最大危机，这场危机是全球性的，也直接威胁到人类文明。

又如，现代工业的发展，特别是化学工业的发展，大量种类繁多的人工合成新物质的产生，也带来了新的环境污染问题。其中较为突出的例子就是化学农药的使用，近年来广泛使用的杀虫剂、杀菌剂、除莠剂、植物生长素等虽然对农业生产的发展起了很大作用，但也对人类和其他生物产生了不同程度的危害（如图1所示）。据资料统计，仅发展中国家每年就有1万余人死于农药中毒，受其毒害的人则更多。

由以上两例可见，由于人为因素对生态平衡的破坏而导致的对生态系统平衡的破坏是最常见的，最主要的，这种影响往往是缓慢的、长效应的，而且这种破坏作用也常常是难以扭转的。因此次生环境问题是人类更为关注的环境问题，我们所说的环境污染，主要是对次生环境问题而言。

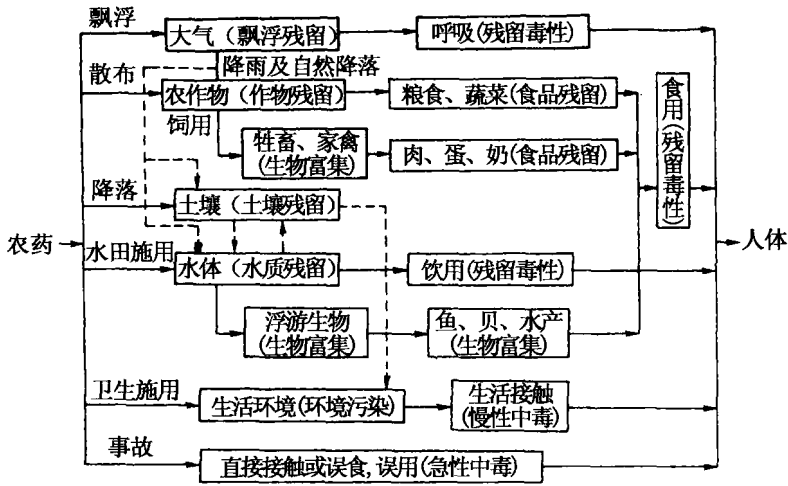


图1 农药残留在环境中的转移和危害人类的途径

综上所述，我们可以给环境污染如下的定义：环境污染是指人类活动使环境要素或其状态发生了变化，环境质量恶化，以致破坏了生态系统的平衡和人类的正常生活条件，并对人类和其他生物产生危害的现象。简单地说，环境因为人类活动的影响而改变了原有性质或状态的现象称为环境污染。

2. 环境污染的产生和发展

环境污染的产生由来已久，可以说自从人类存在以来，人类的活动就对周围的环境产生一定的影响，即产生了污染。例如，在 100 万年以前，生活在周口店地区的北京猿人当时的生产、生活活动无疑会对周围的自然环境产生一定影响，他们在用火时不小心造成火灾，使大片草地、森林遭到破坏，产生环境问题。但这在当时并不突出，易被生态系统本身的调节所抵消。这一时期人类主要是为了自己的生存和繁衍而利用自然环境，而不是有意识地去改造自然环境。人类社会进入奴隶社会和封建社会之后，由于生产工具的改进和生产力不断得以提高，人们开始有意识地利用自然和改造自然环境，同时也产生了日益严重的环境问题。森林的大量砍伐和草原的破坏造成严重的水土流失便是一个典型的例子。黄河流域是我国古代文明的发源地。数百年之前，许多地区还是青山绿水，土地肥沃，农业十分发达。但是由于长期以来掠夺性地垦荒种田，砍伐森林，再加上长期的部落之间的战争，使自然环境遭到严重破坏，水土流失严重，土壤肥力下降，不少地方已成了荒山秃岭。

18 世纪中叶产业革命以后，由于蒸汽机的发明和广泛使用，使生产力得到极大地提高，现代工业也开始大规模发展起来。伴随着现代工业的发展，城市人口急剧增加，致使工业生产废物和人类生活废物大量地排入环境，在局部地区造成了环境污染，这比自然过程本身变化所造成的污染要强烈得多。第二次世界大战以后，社会生产力突飞猛进，许多工业发达国家普遍出现了范围更大、情况更加严重的环境污染问题，构成了所谓的公害。震惊世界的公害事件（见表 1）使人类的生存和发展受到更大的威胁，付出了惨重的代价。这时，环境污染达到了高峰，成为发达国家一个重大的社会问题。这一时

期环境污染的主要特征是：由工业污染向城市污染和农业污染发展；点源污染向面源污染发展；局部污染向区域性和全球性污染发展，构成了第一次环境污染高潮。虽然后来发达国家普遍采取有效措施，加强了污染的治理，使 20 世纪 70 年代以来污染问题已有了很大改观，环境状况显著好转，但仍没完全恢复到过去良好的状态。同时，随着科学技术的进步和生产的进一步发展，新的环境污染问题又会不断涌现。如 50 年代日本水俣镇发生的骇人听闻的水俣病事件，致使两万余人身受其害，现在污染源虽已切断多年，但新的水俣病患者仍在不断出现。再如 1984 年 12 月 3 日发生的印度博帕尔农药厂异氰酸甲酯外泄事件，更是震惊世界的最严重的公害事件，造成 3300 余人死亡，2 万余人受到严重毒害，20 万人受到不同程度的影响，美国公司对此事件赔款 4.7 亿美元，而造成的全部损失更是无法估价。

表 1 震惊世界的公害事件

事件名称	发生时间	地点	发生原因	后果
马斯河谷烟雾事件	1930 年 12 月 3~5 日	比利时马斯河谷工业区	硫酸厂、冶炼厂、炼焦厂等工厂排放 SO ₂ 、SO ₃ 等有害气体	强烈刺激人体呼吸道，造成 60 人死亡，数千人患呼吸道病
多诺拉烟雾事件	1948 年 10 月 26~31 日	美国宾夕法尼亚州多诺拉镇	硫酸厂、炼锌厂、钢铁厂排放 SO ₂ 及金属微粒	14 000 人小镇患病者达 5 900 多人，17 人死亡，患者咳嗽、呕吐、腹泻
伦敦烟雾事件	1952—1962 年多次发生	英国伦敦	大气中煤烟、SO ₂ 、Fe ₂ O ₃ 粉尘浓度高久积不散	居民呼吸困难、咳嗽、头痛、呕吐，死亡人数达 4 千余人，受害者万余人
洛杉矶光化学烟雾事件	1936 年起至 50 年代	美国洛杉矶	汽车排气中的大量石油废气、CO、PbO 等在紫外线作用下产生光化学烟雾	刺激眼、喉等器官引起眼病及喉炎，严重时使人致死，还造成家畜患病，影响农作物生长，损坏建筑物
水俣病事件	1953—1956 年	日本九州南郡熊本县水俣镇	工厂以氯化汞、硫酸汞为催化剂，含甲基汞废水、废渣排入水体	患水俣病的病人精神失常、耳聋眼瞎、全身麻木，严重时死亡（1953—1960 年有 43 人死亡）
痛痛病事件	1931—1972 年	日本富山县	炼锌厂含镉废水排入水体	患痛痛病的患者关节痛、神经痛到全身骨痛，骨骼软化萎缩、骨折，死亡 81 人
四日事件	1955 年起	日本四日市（蔓延几十个城市）	石油工业废水排入海湾在鱼体内富集，烟囱排放大量 SO ₂ 及 Pb、Mn、Ti 等粉尘	患“四日气喘病”，蔓延全国，患者达 6 376 人，死亡 36 人
米糠油事件	1968 年	日本九州爱知县等 23 个府县	生产中使用的热载体多氯联苯泄漏，混入米糠油中	患者眼皮浮肿、呕吐、肝功能下降、肌肉疼痛，直至死亡，病患者 5 000 余人，死亡 16 人

近几十年来，由于世界人口的剧增，人类对各种能源和其他自然资源的大量耗用，生产活动的扩大和新的化学物质的应用，造成了大气、水体、土壤的严重污染和生态系统的破坏，带来了许多全球性的环境问题。如核试验所产生的放射性物质、二氧化硫等气体污染物排入大气后的扩散、积累和长距离迁移所形成的大面积酸雨；由于大气中二氧化碳含量不断增加造成的“温室效应”；氟氯烃化合物对大气臭氧层的破坏；农药、石油等对海洋的污染；生物物种的不断灭绝及森林面积减少、土地沙化等全球范围内的问题，构成了第二次世界环境问题高潮，同时也使人们开始认识到这样一个严峻的事实：人类在利用自然，改造自然以发展经济和创造文明的同时，也在破坏人类赖以生存的自然界，使人类失去生存和发展的物质基础，保护人类赖以生存的环境已成为摆在我们面前的一个严峻而不容忽略的任务。

环境问题总是随着社会的发展而发展，在生产力和不断发展和社会不断进步的同时，环境问题也在不断地产生和发展，老的环境问题尚未完全解决，新的更严重的环境问题又在不断产生。要使全球性的环境问题得到根本的解决，还需全人类长期不懈的共同努力。

3. 环境污染的特征

不同种类的污染物所造成的环境污染也不完全相同，但总体来说，它们都具有以下共同特征。

(1) 影响范围大 环境污染所涉及的地域十分广阔，例如由于二氧化碳浓度增高而产生的“温室效应”将会对全球性气候产生巨大影响。另外，环境污染一旦产生，不但影响到人类健康，也会影响到动物、植物、微生物等其他生物物种的生存和发展。

(2) 作用时间长 环境一旦被污染，所有生存在该环境内的生物体每时每刻都受到作用，随着时间的推移，它对生物体的危害也逐渐显示出来，并可能产生严重后果。

(3) 污染物浓度低，情况复杂 污染物进入环境以后，由于受到大气、水体的稀释，一般浓度都比较低，多数在 10^{-6} （百万分之一）级。但是它们可以通过生物或物理化学作用发生转化、代谢、降解、富集，从而改变了原有的性质、状态和浓度，甚至产生新的污染物，这些污染物作用于生物体，往往产生复杂的联合作用，危害更大。

(4) 污染容易，治理难 环境一旦被污染，要想使其恢复到原有的状况，不但费力大、代价高，而且在很长时间内都难以奏效。有些污染物如重金属和部分难以降解的有机物污染土壤或水源后，能长期残留。例如 1986 年瑞士某化工厂仓库发生爆炸，大量硫化物、磷化物流入莱茵河，使河水受到严重污染，造成鱼类和其他水生生物死亡。据专家估计，要使河水恢复到污染前的状况，至少需要 20 年的时间。

三、环境污染对人体健康的危害

人每时每刻都在一定的环境中生活，并和环境进行物质和能量的交换，因此环境质量的好坏将直接关系到人体的健康。

未受污染的环境对人体的功能是合适的，人们能正常吸收环境中的物质而进行新陈代谢的生命活动。一旦外界环境发生异常变化，必然会影响到人体正常的生理功能。虽然人类具有调节自己的生理功能来适应不断变化着的环境的能力（如人体可以通过体温