

环境保护生物学

张志杰 编著

冶金工业出版社

环境保护生物学

张志杰 编著

冶金工业出版社

内 容 提 要

书中系统地阐述了环境生物学的基本理论、应用和研究方法，并介绍这一领域的最新研究成果和发展趋势。全书共分四篇：第一篇介绍了生态学的基本概念和环境污染的生态作用；第二、三篇全面地阐述了生物在环境污染防治中的基本作用、净化原理和实际应用；最后一篇比较系统地介绍了环境生物学的基本研究方法。

本书主要供从事环境保护，污水处理的科技人员以及工科院校环境保护专业及有关院校生物系师生参考。

环 境 保 护 生 物 学

张志杰 编著

*

冶金工业出版社出版

(北京市灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 9 1/4 字数 242 千字

1982年9月第一版 1982年9月第一次印刷

印数 00,001~7,100 册

统一书号：15062·3890 定价1.15元

前 言

近年来，环境污染已成为人们日益关心的重大公害问题。环境保护已是世界各国的主要研究课题之一。

环境科学是一门综合性很强的新兴学科，是研究环境质量及其控制的科学。它的产生可以认为是七十年代初自然科学向广度和深度发展的一个重要标志。环境科学充分利用化学、生物学、毒理学、地质学、自然地理学、土壤学、气象学和医学等学科的原理和方法，对人类活动引起的大气、水质、土壤和生物环境的问题开展系统的研究。尽管目前各国对环境科学的研究范围不尽相同，但研究的重点都是摸清污染物质在环境中的运动规律及其引起的环境质量变化，污染物的生物效应和对人体健康的影响，以及控制和改善环境的原理方法和技术。

恩格斯指出：“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的”。从本世纪五十年代以来，资本主义世界出现了一系列“公害”事件，引起了人们对造成环境污染问题的强烈关注。六十年代末，七十年代初，一些资本主义国家的环境污染问题已发展成为十分尖锐的社会问题，严重地危及人和生物圈的生存和健康发展，这就迫使人们去研究和解决这个问题，于是，环境科学便应运而生。概括地说，迄今为止，环境科学的发展大致可分为三个阶段：六十年代以前是以治为主的阶段，这一阶段在分门别类的单项治理技术方面取得了一定的成果，在环境质量方面略有改善。六十年代末开始进入防治结合，以防为主的阶段。除单项治理技术继续取得进展外，突出的成就是逐渐拟订并实行了环境问题综合防治对策。如进行了工艺改革、研制无害化工艺，发展闭路循环，建立环境影响预断评价制度等。这一阶段虽然一直延续到今天，但从七十年代中期又出现了新苗头，越来越明显地过渡到一个新阶段。人们正在为创造更美好的环境而奋斗，使环境科学开始以一门综合性很强，体系庞大的独立学科而置于世界科

学之林。到目前为止，逐渐形成了许多新的分支学科，如环境生物学、环境地质学、污染化学、环境声学、大气环境学以及环境医学等。这些分支学科的产生，将会进一步丰富和完善环境科学的内容。

环境保护生物学，是研究生物和环境统一的科学，实际上是一个生态学范畴的学科。但它不是传统的生态学，而是现代的环境生态学，即不但是主要研究生态系统的结构功能、生态系统受污染作用与对环境产生反作用的一门科学，而且也是研究生物对改造、治理污染环境的规律、作用机理与环境污染生物学评价和监测预报的一门科学。

因此，环境保护生物学主要应包括以下内容：

1. 运用生物学的基本原理和基本方法研究环境质量的生物学评价，通过不同区域环境生态系的总体分析，找出反应不同环境质量状况的生物学特征指标。

2. 研究污染物质通过食物链迁移、富集和变化的环境生物学规律，从而为人类自觉地影响生态系统中污染物质和能量循环过程，有效地防止和切断污染物进入人体，保证人民健康和生命安全提供理论依据。

3. 通过对污染物的生物净化与降解、生化机理的研究使之成为改造环境的有效手段，以促进环境生物工程的不断发展。

4. 研究环境污染的生态学问题，诸如污染环境特点，生态作用与生物对环境的改造能动性。利用现代数学和计算机技术研究环境污染的生物学问题等。

5. 研究环境污染的生物监测。

环境生物学和整个环境科学一样，刚刚产生，因此对于它的定义、概念和内容还不十分清楚，理解也不一致，这些都需要通过实践不断完善。

根据现阶段人们对环境生物学的研究内容，本书介绍了有关生态学的基本概念，污染环境对生态系的影响和作用原理；重点地介绍了污染环境的治理生物学问题，包括环境污染的生物防治

原理及研究方法等，以期为污染的生物防治奠定一定的生物化学理论基础。

本书原为适应教学急需所编，因此在内容处理、章节次序安排方面考虑教学较多。由于该书涉及的面和范围广泛，是生物学方面一个综合性很强的学科，所以在编写观点和内容处理上肯定会有很多错误和缺点，恳请读者批评指正。

在本书编写过程中，西北大学生物系系主任李中宪教授给予了热情指导，并审阅了全书，提出了许多宝贵的修改意见，谨此表示衷心的感谢。另外该系植物教研室生态组王文杰副教授和我院环境工程系于泮池副教授、张希衡同志，也对本书编写工作提出过许多有益的建议和意见，趁此一并致谢。

作 者

于西安冶金建筑学院

目 录

前言

第一篇 环境污染的生态学问题	1
第一章 环境污染的生态学原理	1
一、环境与环境污染	1
二、种群和群落	7
三、生态系统	14
四、生态系统中的能量与物质循环	20
五、自然界的主要生态类群和系统	25
六、系统分析在环境污染生态学中的应用研究	29
第二章 环境污染的生态作用	31
一、大气污染的生物反应	31
二、大气影响植物受害的因素	38
三、水体污染对生物的影响	43
四、土壤污染对生物的影响	47
五、环境污染对生态系统的影响	50
六、环境污染对人体健康的影响	57
第二篇 环境污染治理的生物学问题	61
第一章 微生物与环境保护	61
一、微生物的生物学特性	61
二、废水生物处理的基本方法和对水质的要求	70
三、废水处理微生物学	77
四、污泥消化微生物学	89
五、细菌在废水处理中的作用	96
六、废水生化处理方面几个值得探讨的问题	100
第二章 微型生物与环境保护	106
一、原生动物的类群和特征	106
二、轮虫及其他微型动物的特征	110
三、废水处理中微型动物生态特点	113
四、微型生物的作用与指示生物的应用	123
五、藻类植物与废水处理	127

第三章 植物与环境保护	131
一、植物对空气的净化作用	131
二、植物对有害气体的抗性和吸收能力	137
三、植物对污水和土壤污染物质的吸收和积累	139
四、城市、工矿区防污绿化问题	146
第四章 环境质量的生物学评价与监测	150
一、水体污染生态学评价法	150
二、水体污染的生理生化评价法	158
三、水体污染的细菌学评价法	161
四、植物在环境监测中的应用	165
第三篇 环境治理中的生物学机理问题	171
第一章 碳水化合物的转化	171
一、多糖的水解	171
二、葡萄糖的无氧分解——糖酵解	173
三、葡萄糖的有氧氧化	179
四、糖的有氧氧化与无氧分解之间的联系和生理意义	186
第二章 脂肪和蛋白质的转化	188
一、脂肪的分解	188
二、蛋白质的转化	192
第三章 废水处理的生化反应	196
一、好气和厌气生物处理的基本原理	196
二、工业废水处理中某些有机物质的转化	201
三、无机物质的代谢	205
第四篇 环境生物学研究方法概论	210
第一章 环境污染的生态学研究方法	210
一、浮游生物的采集和保存	210
二、底栖动物的采集和定量	214
三、鱼类毒性试验	217
四、水中细菌的采集和测定	222
五、大气污染对植物影响的调查研究方法	225
第二章 环境污染治理中的微生物研究方法	228
一、菌样的采集与增殖培养	228
二、培养基的制备	229

三、菌种的分离与筛选	232
四、微生物的观察	235
五、微生物的测定	238
六、灭菌、消毒与菌种保藏	241
第三章 其他研究方法	243
一、活性污泥生理生化指标的测定	243
二、生物体内污染物质的检测方法	247
附录一 常见细菌检索表	251
附录二 活性污泥中细菌在分类学上的位置表	257
附录三 废水生物处理中常见的原生动物检索表	260
附录四 防污绿化植物查对表	272
附录五 废水生物处理中常见的原生动物图	278
主要参考文献	284

第一篇 环境污染的生态学问题

环境污染生态学是环境科学的一个重要分支学科。它是研究生物与污染环境之间相互关系基本规律的科学。

目前有些国家已采用系统分析和计算机技术，以生物学为中心，将地学、物理、化学等基础学科结合起来，对生态系统进行系统分析，最后建立数学模式，对某一区域（或水体）生态系统的结构功能进行数学模拟研究，以认识生态系统及其过程，及时指出某一地区的污染现状，为预测预报及采取预防措施，恢复提高生产力提供依据。从而使已有七十多年历史的传统生态学，开始跃进到一个新阶段，使其从定性描述转而进入定量化，并吸收了生物学中最新成就，即用分子生物学的成就来探索生态系统中的微观秘密。

第一章 环境污染的生态学原理

早在1866年E. Haeckel就提出了生态学这个名词，他定义为：“生态学是研究生物及环境的相互关系”，这个概念一直沿用至今。也就是说生态学是生物科学的一个领域，它是研究生物与其生存环境之间相互关系的一门学科。

生态学大体上分为两个主要部分，其一是以生命组织的层次性为基础，即包括细胞、个体、种群三个层次的种群生态学；而另一方面则是围绕着相互作用的不同种类集合体为基础的群落生态学，这种生物集合体及其环境所组成的机能系统即为生态系统，有的称为系统生态学。

当然，生态学本身又可分为植物生态学、动物生态学和微生物生态学。所以说生态学是一个广义的名词。

一、环境与环境污染

（一）环境的概念

环境有自然环境和社会环境之分。从环境保护的意义上讲，

目前人们所理解的环境主要是指自然环境，它是人和一切生物赖以生存和发展的物质基础。

自然环境是指我们周围的各种自然因素的总和，它包括大气、水、土壤、生物等，人们常称为环境因子。从生态学角度来看，在环境因子中，对生物有作用的因子叫生态因子，而各生态因子综合在一起对生物的作用，则称为生态环境。

生态因子一般分为以下几类：

(1) 气候因子：如空气、光、温度、降水量。

(2) 土壤因子：包括土壤结构，物理化学性质及土壤微生物等。

(3) 地形因子：指地势状况和周围环境。

(4) 生物因子：包括动植物及微生物的作用。

(5) 人类因子：这是直接对生物及所有生态因子的各种影响。

在自然界中，各种生态因子并不是孤立存在的，它们之间相互影响、相互制约，它们总是综合地作用于生物，致使生物的生长发育、形态结构和生理功能等发生相应的变化，以适应变化了的环境，这就是环境对生物的生态作用。人们在研究环境对生物的生态作用时，不仅要注意环境的综合作用和影响，而且也尽力找出在一定条件下影响生物的主导因子，从而为采取相应的管理措施提供依据，这是研究生态的一个重要方面。

目前我们所说的环境污染生态学，就是把污染看作一种特殊的生态因子，研究它对生物以至人类的生态作用。

(二) 环境污染的基本特征

现今的环境污染，或者环境破坏问题，实际上只是考虑人类社会进行活动的结果。一般认为，由于人们的生产活动，使环境的组成成分或状态发生了变化，与原来的情况相比，环境素质恶化，扰乱和破坏了生态系统和人们的正常生活条件，就叫做环境污染。具体来讲，环境污染是指有害物质（主要是工业“三废”）对大气、水质、土壤和动植物的污染，以及噪音，放射性物质与

不合理的自然资源开发利用等对环境的损害。

1. 水体污染

水，作为生物的环境因素，有三个重要特性，即密度大、比热大、溶解能力大。这对水生生物的生活是极其有利的，按面积说，各种水生生态系统在地球表面居于主导地位。

由于工业废水和生活污水未经处理，任意排入江河湖海，严重造成水体的污染，它不仅妨碍工农业、渔业生产，影响水生生态系统，而且还直接或间接地危害人体健康。据报导，七十年代初期美国每天排放废水四亿吨，全国主要河流几乎全遭污染，五大湖已成为毒湖，伊利湖水银含量超过卫生标准十四倍，鱼类全部灭绝，虫类也很难找到。五十年代初期日本由于饮水和食物中含汞、镉等有毒物质，发生了有名的“水俣病”和“骨痛病”。有关资料介绍，我国每天大约有四千万吨工业污水，90%以上未经处理，任意排放造成了水体的污染，由此可见，水体污染的危害是相当严重的。

水体中污染物质众多，包括有毒物质，油类物质，无机化合物和矿物质，耗氧废弃物，放射性物质以及致病微生物等。现将它们的污染来源，作用特点分别介绍如下：

(1) 有毒物质：这类物质对人、畜、鱼类及植物具有毒性，是最主要的污染物质。其主要来源如表1-1-1。

表 1-1-1 某些有毒物质的主要来源

污染物质	主 要 来 源
镉	金属矿山、冶炼厂、电镀厂、电池厂、特种玻璃厂、化工厂等
铜	电镀厂、化工厂、铜氨法人造纤维制造厂等
铅	金属矿山、冶炼厂、铅再生厂、汽油、油漆厂、电池厂等
铬	矿山冶炼厂、电镀厂、铬鞣皮制革厂、化工厂、合金制造厂等
汞	汞极电解食盐厂、汞制剂农药厂、汞精炼厂、某些化工厂、温度计厂等
砷	矿石处理厂、药品厂、玻璃厂、涂料厂、农药厂、化肥厂等
氰化物	电镀厂、焦化厂、煤气厂、金属清洗等
有机磷、氯	农药厂
酚	焦化厂、煤气厂、炼油厂、合成树脂厂

在有毒污染物质中，以重金属及难分解有机物（如酚、有机氯、多环芳烃）的毒害最大。

（2）油类物质：主要来源是石油，机械加工，汽车和飞机的保养维修、涂料、油脂加工以及工业废水和船舶运输漏油等。这一类物质污染水体以后由于覆盖了水面，致使水中溶解氧减少，造成恶臭，影响水质。

（3）无机化合物和矿物质：主要来源于各种化工厂。包括各种水溶性氯化物、盐类和其它各种酸、碱物质。这类物质浓度过高时会降低水质，危害水生生物，过强的酸性或碱性还会影响植物的正常生长。

（4）耗氧废弃物：它来源广泛，如造纸厂、纤维厂、食品厂的废水和生活污水等。其中包括有机物和无机物两类。前者主要是可被生物分解的天然有机物；后者主要是还原性物质，如硫化物、氨等。这类物质经水中生物氧化和化学氧化时，大量消耗水中的溶解氧。如果水中含有大量耗氧废弃物时，会使水中缺少溶解氧，导致水质恶化，产生恶臭，甚至使鱼类死亡，并对水生植物产生不良影响。

（5）植物营养物质：主要来自合成洗涤剂、化学肥料、饲料和生活污水等方面。包括氮、磷、钾等化合物，是植物生长所需要的养分。这些物质能促使水中某些植物（特别是藻类）大量繁殖，使水中的溶解氧减少，危害鱼类，恶化水质，甚至使水发臭。目前引起世界各国注意的水体富营养化作用，形成所谓的“红潮”，就是这类污染物排入水体造成的。

（6）其他：如来自各种生活污水中的致病微生物。来自热电厂的热流出物。原子能工业的放射性物质，以及各种冲积物等，都污染水体，影响环境，危害人体健康，破坏生态系统。

2. 大气污染

大气是指围绕在地球周围起着保护人类、动物和植物生存的空气层。这一空气层厚度达1000公里。离地面越远，空气越稀薄。接近地面的空气密度最大，与人类和生物的关系也最为密

切。

正常大气(干燥状态)的主要组成(按体积计算)为:氮气约占78%,氧气约占21%,氩、氦、氖、氪等惰性气体约占0.94%,二氧化碳约占0.0%,其它如水蒸气、尘埃、烟气、工业气体、微生物等所占的比例大都随时间、地点而发生较大的变化。烟尘和工业废气所占比例虽然不大,但对大气品质影响很大,当它们超过一定浓度时,就会污染大气,对人类及动植物产生危害。

美国因大气污染而造成的经济损失每年达一百五十亿美元,绿化树木的枯死和花草凋谢更是不可胜数。目前我国工业及民用炉窑每年排入大气的烟尘约为一千四百万吨,排入大气的二氧化硫为一千五百万吨,对人、动植物、农牧业生产都造成严重的影响。

污染大气的物质有几十种之多,按照它们的物理化学性质可分为两大类:(1)有害气体,它们以气体状态存在于大气中,如二氧化硫、一氧化碳、氟化氢、氮氧化物等;(2)灰尘烟雾类,它们都以固体或液体微粒散浮在空气中,如煤烟、煤尘、光化学烟雾等。虽然如此,但在城市大气污染中数量最多,危险最大的主要是烟尘、二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物、碳氢化合物以及由后两种经光化学反应而产生的光化学氧化剂等六种。这些大气污染物主要来自火力发电厂、民用炉灶、工业锅炉和工业炉窑的燃料燃烧以及工业生产过程和交通运输三大方面。

3. 土壤污染

土壤是环境中特有的组成部分,在环境中起着三种作用。由于土壤中有各种微生物和动物,可以转化和分解进入土壤的各种物质,对环境起净化作用;土壤中复杂的有机的和无机的胶体体系,具有巨大的表面积,能吸着、吸附各种离子和某些分子,对某些物质起着蓄积作用;由于植物直接生长在土壤上,因而土壤就成为植物营养物质的主要供应地,对物质起着转化和转移的作用。

目前从外界进入土壤的物质，除肥料外，大量的、广泛的是农药，此外还有“工业三废”带来的各种有害物质。这些污染物质在土壤中有三条转化途径：

- (1) 被转化为无害物质，甚或为营养物质；
- (2) 停留在土壤中，引起土壤污染；
- (3) 转移到生物体中，引起食物污染。

土壤污染包括重金属和有机污染物、农药与病原体。按其来源分为三类：工业污染、农药污染和生物污染。

污水中造成土壤污染的有害物质主要有各种有害金属，如汞、镉、铅、铬、锌、铜等；砷化物，氰化物等有害无机化合物；油类；酚类、醛类、胺类等有害的有机化合物；酸碱和盐类及其它如致病菌类、悬浮物等。

大气造成土壤污染的主要物质有汞、铅、镉、铬等金属，以及 SO_2 等形成的“酸雨”对土壤的酸化作用和某些粉尘对土壤的碱化作用。

工业废渣经过雨水冲刷，大量进入农田，也会恶化土壤。

以上这些都是工业三废对土壤的污染，特别是一些地方采用污水灌溉农田，虽然有一定的增产作用，但却造成了土壤的严重污染，经过作物的富集，最后影响到人、畜的安全，这是很值得注意的。

关于化学农药的污染问题，已成为近年来人们十分注意的重要环境污染源之一。农药不仅污染大气和水，特别是对土壤的污染，直接关系到农业生产和人、畜的安全。化学农药对土壤的污染主要表现在以下几方面：

- (1) 为了防治作物病虫害和杂草，直接施农药于土壤中。
- (2) 由于在作物上喷撒药剂，直接落在地面上；或由作物上再落到地面上；或漂浮在空气中的农药，因降雨而进入土壤中。

另外大量使用化学肥料，生长刺激素等也造成土壤污染。

工业污染不仅直接影响农作物生长和产量，而且由于这些污

物被作物吸收残留，通过食物链的关系，最后危害到人类的健康。

环境污染不仅直接影响到生物，而且会通过改变其他环境因素，而间接地影响有机体的生命活动。例如由于悬浮物质散射和吸收光线，妨碍了光的透入，导致水环境中光合作用减弱或完全停止，使整个水生生态系统趋于瓦解；近代动力厂等排出的热流出物造成热污染，常常消灭了一个地区有价值的鱼群。

众所周知，人类的活动既有生产性的，也有非生产性的。上边我们所介绍的环境污染主要是人类生产活动所引起的。至于非生产性的活动，如居住规划，生活废物处理，环境卫生等等，也都与环境有关。

二、种群和群落

种群和群落生态是生态学的主要组成部分之一，称为群体生态学，它是研究群体与环境之间的相互关系的科学。

(一) 种群

种群是生长在一定群落中的种的个体的总合。换句话说，种群是指占据某一地区的某一个种的一群个体。一个池塘中的芦苇种群即是一例。

就浮游生物而言，栖息在一个地区的生物称为种群，它可以只包括一种生物，称为单种性种群，也可以包括几种生物，称为多种性种群。一般生活在自然界的种群，称之为自然种群（如鱼类、哺乳类等）；培养在实验室内的种群，称为实验种群（如单细胞生物的酵母；草履虫和昆虫等）。

种群生态，主要研究以下几个问题：

(1) 种群的生长和大小。一般生物的种群和生长过程可分为增长期、平衡期和下降期，通常用S曲线表示。

种群大小常受外界环境因素影响，特别是温度和食料的影响最大，这在浮游生物中表现尤其明显。

(2) 种群的年龄组成及其变化。它是影响种群生长和大小的重要因素。所以也是种群生态研究的一个重要问题。根据

年龄组成可将其分为生长种群（幼体+成体 $>$ 老年），静止种群（幼体+成体=老年）和衰落种群（幼体+成体 $<$ 老年）。对浮游生物来说，生长种群出现在繁殖盛季，而衰老种群则出现在生殖结束之后。

（3）种群密度，主要指单位时间或空间内种群大小。它是随时间增加种群密度愈大。一般讲，外界环境愈好，种群密度愈大。因此通过种群密度研究，既可以了解种群动态，又可以阐明种群和环境之间的关系，所以它也是种群生态的重要问题之一。

（4）种群数量变化，这是种群，特别是自然种群的主要生态变化特征。通常环境变化愈大，种群数量变化也愈大。而这种数量变化主要表现在时间和空间变化上。例如昼夜变化、季节变化、逐年变化，以及垂直分布和水平分布等等，当然不同生物种类的变化也是不同的。

研究种群的目的，在于更深入地了解和分析群落，特别是研究种群不同生长发育阶段对环境条件（包括污染环境）的反应，有助于我们在群落的控制和利用方面采取具体措施。这对于研究环境污染对生物群落的影响具有重要的意义。

近年来工业污染物成为影响种群增长的重要因素。污染物除了可以直接杀死有机体外，还可能不杀死有机体，但具有伤害繁殖的灾难性后果，使得种群处于衰减趋势。据调查，沿康涅狄克河，繁育的鹌在1952年尚有150对，到1969年只剩下5对了，主要是由于河流被污染的缘故。

（二）群落

当我们研究一地的植物界时，可以从两个观点角度去研究。第一，从分类学观点出发研究这个地区的植物区系，即统计这个地区的植物种类及其亲缘关系。因此一个地区的植物区系就是这个地区所有植物种类的总和，例如中国植物区系，庐山植物区系等。另一种观点是从生态学观点出发去研究这个地区的植被，也就是研究这一地区地表植物覆盖的情况。即植被是由植物群落组成。或者，一个地区的全部植物群落的总体称之为该地区的植