

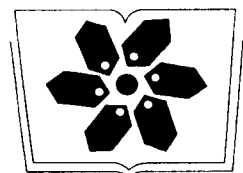
黄玉瑶 / 编著

内陆水域 污染生态学

—— 原理与应用



 科学出版社
Science Press



中国科学院科学出版基金资助出版

内陆水域污染生态学 ——原理与应用

黄玉瑶 编著

科学出版社

2001

Pollution Ecology of Inland Waters

——Principles and Applications

By
Huang Yuyao

Science Press
Beijing
2 0 0 1

内 容 简 介

本书主要根据作者及所在研究组多年的研究成果,并参考国内外有关资料编写而成。内容包括内陆水域生态系统的基本特征,污染物的类别、性质与来源,水域污染的生态效应、生物监测、生态评价,污染物的生物积累、生物测试,以及污水生物净化、生态恢复和污水生物利用的生态学原理与途径等。比较系统地介绍了内陆水域污染生态学的基本原理与应用方法,对水源保护工作者是一部比较完整和实用的生态学参考书。

可供水源保护工作者、水生生态学科技人员及高校生态和环保专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

内陆水域污染生态学——原理与应用/黄玉瑶编著. —北京:科学出版社, 2001.9
ISBN 7-03-009507-3

I. 内… II. 黄… III. 水域, 内陆-污染生态学 IV. X171.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 26629 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年9月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2001年9月第一次印刷 印张: 19

印数: 1—1 500 字数: 451 000

定价: 52.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈新欣〉)

前 言

水与国计民生有密切关系，是国家重要的自然资源。我国是贫水国家之一，特别是华北、西北广阔的干旱、半干旱地区水资源十分匮乏，同时我国水源污染又比较严重。在当前我国经济迅速发展的形势下，这两方面的问题日趋突出。节约用水和保护水源是摆在我们面前紧迫而艰巨的任务。

水生生态学在水源保护中具有特殊的作用。一般水生生物终生生活在水中，与水环境之间的关系十分密切。水体污染，生活在水中的水生生物首先受害，重则全体覆没，轻则使敏感种类消失，耐污种类增加，物种多样性下降，群落结构与功能发生变化。另一方面，水生生物主要是微生物具有分解转化污染物的能力，在它们的作用下，水质逐步得到改善。这是水质生物监测评价和生物处理的基本依据。国内外在这些方面都作过广泛的研究，出版了大量的研究报告和专著。但是，系统论述内陆水域污染生态学的书籍还不多，国内还没有这样的论著。

本书主要根据作者和所在研究组多年的研究成果，并参考国内外有关资料编写而成。试图比较系统地介绍有关内陆水域污染生态学的基本原理与方法，以期在水源保护工作者提供一本比较完整和实用的生态学方面的参考书。全书共计 11 章。主要内容包括内陆水域生态系统的基本特征，污染物的类别、性质与来源、水域污染的生态效应，污染物的生物积累，生物测试，生物监测和生态评价以及污水生物净化、生态恢复与污水资源化的生态学原理与途径等。各章在简要介绍基本概念、研究概况后，着重论述基本原理、主要研究成果、研究实例以及研究方法与技术，并附有主要参考文献，便于实际工作中参考应用。书末附有若干重要的附录和中英文主题索引，供进一步研究时参考。

本书内容广泛、丰富，涉及环境毒理、环境化学和环境工程，体现学科之间的交叉与渗透。除内陆水域污染生态效应外，还涉及一些海洋污染的影响。本书理论深入浅出，密切联系实际，是一部比较完整和实用的水污染生态学专著。本书适合于水源保护和水生生态学工作者阅读，也可作为环境生物学教学参考用书。

本书编写过程中，得到作者所在单位领导的鼓励和课题组同事们的大力支持；陈俨梅同志协助收集一部分文献资料；曹宏同志协助将部分文稿输入计算机；出版时得到中国科学院科学出版基金的资助。作者在此一并致以衷心的感谢。

本书内容涉及的范围较广，虽力求完整准确，但限于作者知识水平，难免仍存在不少错误，请读者批评指正。

黄玉瑶

2000 年 8 月 18 日

目 录

前言

第一章 绪论	(1)
一、内陆水域概况	(1)
二、水域污染及影响	(2)
三、污染的原因及主要污染物	(4)
四、水域污染生态学基本概念与发展概况	(5)
五、基本思路	(7)
主要参考文献	(8)
第二章 水域生态系统的基本特征	(10)
第一节 理化特性	(10)
一、物理条件	(10)
二、化学成分	(11)
第二节 生物种群与群落	(18)
一、种群	(18)
二、主要生物群落	(19)
三、群落演替	(23)
第三节 水域生态系统的基本功能	(27)
一、物质循环	(27)
二、能流与群落代谢	(28)
三、生物生产力	(33)
四、湖泊生态系统的发展	(33)
主要参考文献	(34)
第三章 污染物类别、来源及特性	(36)
第一节 物理污染物	(36)
第二节 化学污染物	(36)
一、重金属	(36)
二、一般耗氧有机物	(36)
三、农药	(37)
四、有机化学物质	(37)
五、石油	(39)
六、生物营养盐类	(39)
七、酸碱物质	(39)
八、合成洗涤剂	(39)
第三节 生物污染	(40)
主要参考文献	(40)
第四章 生态效应	(41)

第一节 物理污染的影响	(41)
一、固体悬浮物污染的影响	(41)
二、热污染的影响	(42)
第二节 化学污染的影响	(43)
一、一般耗氧有机物污染的影响	(43)
二、农药污染的影响	(50)
三、有机化学物质污染的影响	(54)
四、重金属污染的影响	(57)
五、氮磷污染的影响	(60)
六、酸碱污染的影响	(66)
七、石油污染的影响	(67)
八、合成洗涤剂污染的影响	(68)
第三节 其他人为活动的影响	(68)
一、水库与防潮闸的建设	(68)
二、水利设施对水产资源的影响	(70)
三、水利设施对污染的影响	(72)
主要参考文献	(73)
第五章 生物积累	(75)
第一节 生物积累的基本特征	(75)
一、食物链积累	(75)
二、生物积累与个体大小的关系	(76)
三、不同部位和器官组织的积累	(77)
四、生物积累的季节变化	(77)
第二节 影响生物积累的环境因素	(79)
一、污染物的化学性质	(79)
二、环境 pH 值	(79)
三、环境温度	(80)
四、生境位置	(81)
第三节 生物积累的数学模型	(82)
一、从水中吸收和浓缩的数学模型	(82)
二、从水和食物中吸收的生物积累	(84)
三、食物链转移模型	(85)
四、生物积累的生态学模型	(86)
第四节 应用 QSARs 估算有机化合物的 BCF 值	(88)
一、QSARs 关系式	(88)
二、QSARs 估计 BCF 值的可靠性	(89)
第五节 生物积累实验方法	(93)
一、平原法	(93)
二、从水和食物积累实验	(93)

三、从水和沉积物积累实验	(94)
四、生物量负荷	(94)
第六节 青鳉胚胎和鱼苗对六氯苯的积累	(95)
一、青鳉鱼卵对六氯苯的积累	(95)
二、青鳉鱼苗对六氯苯的积累	(96)
三、青鳉对六氯苯的排除	(96)
主要参考文献	(98)
第六章 生物测试	(100)
第一节 生物测试的基本概念	(100)
一、生物测试的意义	(100)
二、生物测试的基本内容	(100)
三、生物测试若干术语	(102)
四、影响毒性的因素	(102)
五、混合毒性	(103)
六、生物测试研究进展	(104)
第二节 单种生物毒性试验	(105)
一、藻类生长抑制试验	(106)
二、蚤类活动抑制试验和繁殖试验	(111)
三、鱼类毒性试验	(117)
第三节 多种生物毒性试验	(119)
一、基本概念	(120)
二、水生模型生态系统的类型	(120)
三、水生模型生态系统研究概况	(121)
四、单甲脒农药对池塘模型生态系统影响的研究	(126)
五、多种生物毒性研究的问题与展望	(132)
主要参考文献	(132)
第七章 生物监测	(135)
第一节 指示生物	(136)
一、污水生物系统	(136)
二、微型生物类群	(142)
三、优势种群	(144)
四、周丛生物群落	(144)
第二节 生物指数	(145)
一、藻类生物指数	(145)
二、大型无脊椎动物指数	(147)
三、鱼类生物学完整性指数	(153)
第三节 物种多样性指数	(155)
一、多样性指数	(155)
二、PFU 微型生物群落	(156)

第四节 群落功能	(157)
一、群落代谢比值	(157)
二、生物量	(157)
三、生产力	(161)
第五节 生理生化指标	(165)
一、生物标记物监测	(165)
二、鱼类年龄与生长	(166)
三、残毒含量	(168)
主要参考文献	(168)
第八章 生态评价	(171)
第一节 湖泊富营养化成因与过程	(171)
一、湖泊富营养化成因	(172)
二、湖泊富营养化进程	(174)
第二节 湖泊富营养化评价指标与标准	(175)
一、评价指标	(175)
二、评价标准	(175)
第三节 湖泊富营养化评价方法	(176)
一、湖泊营养状况调查	(176)
二、湖泊营养状况评价与预测	(179)
第四节 湖泊富营养化生态学模型	(187)
一、湖泊富营养化生态学模型基本概念	(187)
二、湖泊富营养化生态学模型实例	(189)
第五节 生态风险评价原理	(193)
一、生态风险评价概念	(193)
二、生态风险评价的范式	(194)
三、生态风险评价的基本方法	(197)
四、效应评价	(198)
五、个体水平的风险表征	(203)
主要参考文献	(204)
第九章 生物净化	(206)
第一节 稳定塘生态系统特征	(206)
一、稳定塘的主要生物群落	(206)
二、稳定塘生态系统的基本功能	(210)
第二节 稳定塘的类型与净化机理	(213)
一、稳定塘的类型	(213)
二、稳定塘的净化机理	(213)
第三节 稳定塘的设计原理	(216)
一、厌氧塘	(216)
二、兼性塘	(216)

三、好氧塘	(218)
第四节 含盐化工废水生物净化研究	(221)
一、汉沽化工废水排放量及其理化特性	(221)
二、汉沽污水库的净化效能与问题	(222)
三、汉沽化工废水生物净化模拟实验	(225)
四、汉沽稳定塘净化效果与问题	(234)
主要参考文献	(238)
第十章 生态恢复	(240)
第一节 生态恢复基本概念与研究进展	(240)
一、生态恢复基本概念	(240)
二、生态恢复研究概况与发展趋势	(240)
第二节 湖泊恢复	(243)
一、富营养化湖泊的恢复	(243)
二、湖泊富营养化的生物控制——生物操纵	(248)
三、湖泊水量减少及泥沙淤积的恢复	(254)
四、渔业管理与外来物种控制	(254)
五、酸化湖泊恢复	(255)
六、湖泊污染物去除	(255)
第三节 河流与湿地恢复	(256)
一、河流恢复	(256)
二、湿地恢复	(257)
第四节 生物整治	(258)
一、生物整治的基本条件	(258)
二、生物整治的途径	(259)
三、生物整治的设计	(259)
四、生物整治应用实例	(260)
主要参考文献	(261)
第十一章 污水生物利用	(264)
第一节 概述	(264)
一、污水资源化的意义	(264)
二、污水资源化的生态工程原理	(264)
三、污水养殖的对象与基本模式	(265)
第二节 污水养殖和种植	(265)
一、水生植物的种植	(265)
二、无脊椎动物养殖	(267)
三、鱼类养殖	(269)
第三节 多种养殖与多级利用	(271)
一、营养物质的循环再生养殖模式	(271)
二、营养物质的多级利用模式	(272)

第四节 含盐化工废水养鱼-养貂研究·····	(273)
一、化工废水养鱼实验 ·····	(273)
二、含汞鱼类的利用——养貂实验 ·····	(275)
三、含盐含汞化工废水生物净化与综合利用的生态学途径 ·····	(277)
主要参考文献 ·····	(278)
附录 ·····	(280)
I. 地面水环境质量标准 (GB3838-88) ·····	(280)
II. 生活饮用水卫生标准 (GB5749-85) ·····	(281)
III. 渔业水质标准 (GB11607-89) ·····	(281)
IV. 农田灌溉水质标准 (GB5084 85) ·····	(282)
V. 污水综合排放标准 (GB8978-88) ·····	(282)
汉英对照名词索引 ·····	(284)

第一章 绪 论

水是国家重要的自然资源。我国不仅水资源匮乏，而且污染比较严重，使鱼类等水生生物资源受到严重影响，也影响到人类的生存环境。我们要改善水域环境质量以保护水产资源，同时更要利用水生生物的功能来帮助改善和保护水域环境质量，使人类的生存环境与经济生产能够得到协调和持续的发展。

一、内陆水域概况

1. 内陆水域是国家重要的自然资源

内陆水域是指河流、湖泊、水库、池塘等水体。地球上的水大部分分布在海洋，仅有 2.8% 分布在陆地。陆地上的水大部分又以冰盖、冰川和地下水形式存在，仅有约占总水量 0.03% 的水分布在河流、湖泊、水库、池塘等内陆水域。

内陆水域虽然只占地球上总水量的很少一部分，但对人类生存却有重大的意义。它不仅为人类提供饮用水源，而且在农业灌溉、工业生产、水产养殖、航运交通、水力发电、游乐健身、调节气候等许多方面都有重要作用。内陆水域不仅是鱼类等水生生物的栖息环境，为人类提供丰富的水产品和蛋白质，而且也是构成人类生存环境的重要组成部分。依山傍水、风景优美，向来是人类喜欢选择的居住环境。宋朝大词人欧阳修对安徽颍州西湖的美丽风光情有独钟，一连写过 13 首赞美西湖的词。其中有“行云却在行舟下，空水澄鲜，俯仰留连，疑是湖中别有天”；“无风水面琉璃滑，不觉船移，微动涟漪，惊起沙禽掠岸飞”的词句，充分体现了当时西湖环境的优美。由上可见，内陆水域直接或间接对人类的重要价值，是国家不可缺少的重要自然资源。

2. 我国内陆水域概况

我国大小河川总长达 42×10^4 km，流域面积在 $1\,000\text{ km}^2$ 以上的河流有 1 500 多条。面积在 1 km^2 以上的天然湖泊有 2 600 余个，总面积约为 $71\,230\text{ km}^2$ 左右，其中大部分为浅水型湖泊^[1]。咸水湖大约占我国湖泊总数的一半。

我国淡水资源总量虽达 $2.8 \times 10^{12}\text{ m}^3$ ，在世界各国排名第六位；但人均占有水量只有约 $2\,500\text{ m}^3$ ，不及世界人均占有量的 $1/4$ ，排名第 88 位^[1]。我国不仅是贫水国家，而且降水量年际变化大，洪涝、干旱频繁发生。雨季较集中，北方地区降水一般集中在 7~8 月份，其余月份多为旱季，降水量很少，气候干燥。我国水量地区分布不均，东南沿海雨水多，水量比较充足；华北、西北地区降水量少，许多地区和城市严重缺水，限制工业生产和经济的发展。约占国土面积 47% 的西北部地区，农业每年缺水 $300 \times 10^8\text{ m}^3$ ，受旱面积 $20 \times 10^4\text{ km}^2$ ，8 000 万农村人口饮水困难。现约有 300 多个城市缺水，日缺水量 $1\,600 \times 10^4\text{ m}^3$ 。预计到 2010 年用水量还要增加 $1\,000 \times 10^8\text{ m}^3$ ^[2]。由于气候变化、泥沙淤积、围湖造田等原因，20 世纪 50 年代以来，我国湖泊面积迅速缩小。

全国1 km²以上的湖泊减少了 543 个, 面积减少了 26.3%。江汉平原湖泊总面积缩小了 43.7%, 鄱阳湖缩小了 1 700 km², 洞庭湖缩小了 800 km², 约占各自湖泊面积的 30%~40%^[1]。

二、水域污染及影响

水域污染是指各种物理、化学或生物因子进入水体, 超过水体自净能力, 引起水域生态系统的结构和功能朝着不利于人类所期望的方向改变。这种改变导致水质恶化, 水产资源质量下降或枯竭, 水域景观破坏, 影响人类的利用, 甚至威胁人体健康。尽管内陆水域是国家宝贵的自然资源, 但人类对其污染状况向来不太关心。多少年来, 人们总是将各种工业废水、生活污水以及废物垃圾直接倾入或经地表径流排入水体, 造成水域环境的污染与破坏。

(一) 国外水域污染及影响

第二次世界大战以后, 随着科学技术的进步和工农业生产的发展, 大量废气、废水和废渣排入环境, 造成大气、土壤和水域环境的污染。严重的污染事故不断发生。在 20 世纪 50~60 年代, 英国伦敦、美国洛杉矶、日本四日市相继发生化学烟雾事件, 许多人中毒死亡。50 年代日本水俣病(汞中毒)、痛痛病(镉中毒)引起世人对重金属污染的关注。海上原油泄漏造成严重的生态破坏, 近海赤潮频繁发生和湖泊富营养化现象广泛出现, 以及有机氯农药污染, 带来一系列严重的生态后果。

五六十年代, 国外水污染普遍严重。50 年代初, 英国泰晤士河被称为臭水河和死水河, 1957~1958 年连续两年调查伦敦下游 68 km 河段的鱼类, 除发现一种耐污的黄鳝外, 没有发现任何其他鱼类生存^[3]。北欧许多河流酸化严重, 影响鲑鱼类洄游, 鱼产量大幅度下降³。美国伊利湖受到底特律、布法罗等城市生活污水、特别是含磷洗衣粉的污染, 富营养化严重, 优质鱼产量下降 90% 以上^{4]}; 美国加利福尼亚圣克来尔湖(St. Clare Lake)受到农药 DDD 的污染, 水鸟繁殖率大大降低, 生态平衡受到破坏^[5]。

(二) 我国水域污染及影响

1. 水域污染状况

我国水域污染比较严重。据 1985 年调查, 532 条(个)河(湖)中受污染的占 82%^[1]。据 1982 年的调查资料, 在监测的 50 000 km 总长的河段中, 严重污染不能用于灌溉的河段长 12 600 km, 约占监测河流总长的 1/4。长江、黄河、淮河等不同程度受到污染。淮河流域近 50% 的河段已失去了使用价值, 污染事故屡次发生。不少城市附近的河流污染更为严重, 有的实际上成了臭水河。

我国湖泊氮、磷含量普遍较高。据 25 个大型湖泊调查结果, 趋于富营养化的湖泊占 92%。水污染程度还有加速发展的趋势, I、II 级水越来越少, III~V 级水越来越

多^[6]。

2. 水域污染对水生生物的影响

(1) 对鱼类资源的影响

水中有毒污染物超过一定浓度,可引起鱼类等水生生物急性中毒死亡;或者由于溶解氧严重不足导致鱼、贝类窒息致死,造成死鱼的污染事故时有发生。据1985年全国9省市调查,污染造成淡水天然鱼类资源年损失8万吨,淡水养殖鱼类损失1.7万吨^[7]。

我国地跨温带、亚热带和热带,生境多样,气候温暖,自然地理条件优越,经济水产生物种类繁多,生物生产力较高。我国淡水鱼类有800多种,产量位居世界首位。据初步调查统计,我国淡水鱼类中已有近100种濒临灭绝。长江中、下游湖泊中原生活有100余种野生鱼类,现在一般仅有二三十种,而且出现明显的小型化^[8]。有名的长江鲢、鳙、草鱼的渔业资源处于严重衰退之中,20世纪80年代的成鱼捕捞量不及50年代的1/2,鱼苗捕获量仅为60年代的1/4^[9]。长江口受到严重污染,阻断了鱼类的洄游,使鳊鲂、河蟹、鲴、梭鱼、鲈和鲢鱼等数量大大减少。松江四鳃鲈曾是黄浦江一大名产,目前已渺无踪迹。黄河兰州段由于受污染影响,目前的鱼类种类明显减少,与60年代初比较,已有8种鱼类消失。图们江在历史上以盛产大麻哈鱼著称,50年代以来产量逐年下降,近年来几近绝迹。第二松花江一些鱼类由常见种或优势种变成稀有种或达到绝灭边缘,经济鱼类的数量急剧下降^[10]。

洞庭湖水产资源日趋衰竭,据调查,原有的114种鱼类中已经灭绝8种,另有15种已成稀有种类^[11]。武汉东湖共有鱼类67种,近年仅发现38种鱼类,鲢、短颌鲚、暗色东方鲀等20多种鱼类已基本绝迹^[9]。湖北最大的淡水湖洪湖,50年代原有100余种鱼类,到目前只剩下31种,天然鱼产量也由50年代的10000 t下降到目前的3000~4000 t,减产2/3左右^[12]。河北白洋淀1958年有鱼类54种,1975年降到35种,目前仅发现24种,鱼产量下降80%以上^[13]。

(2) 对生物群落结构与功能的影响

正常水域生态系统具有协调的群落结构和功能,维持良性的物质循环和能量流动。水体受到污染以后,敏感种类消失,耐污种类数量增加,物种多样性下降,群落结构改变或破坏,群落功能失调,环境质量恶化。

一般耗氧有机物进入水体,在化学和微生物作用下大量消耗水中的溶解氧。溶解氧不足,一般水生动物不能生存,少数耐污种类如水蚯蚓在没有竞争的条件下数量可能得到大量发展,水域景观遭到破坏。污染严重时溶解氧降到零。在没有氧气的条件下,厌氧微生物分解活动旺盛,产生硫化氢等有毒气体,使水体变黑发臭,失去了利用价值。

氮、磷是水生植物和藻类必需的营养物质。但浓度过高,可引起湖泊、水库发生富营养化。敏感藻类不能生存,蓝、绿藻类大量发展,形成“水华”。这些藻类漂浮水面,能形成一层绿色的藻膜。蓝藻能分泌藻毒素,对鱼类有毒,对人体健康也有害。大量藻类死亡腐败,厌氧分解,产生臭气,恶化水质。安徽巢湖铜绿微囊藻水华曾达到1 cm厚,使水厂停运,经济损失达1亿多元^[14]。

洞庭湖区现有工业污染源2007个,每年工业废水入湖量达 4.27×10^8 t,致使湖水

水质严重恶化。巢湖每年接纳工业污水 1.4×10^8 t, 生活污水 0.35×10^8 t, 污水处理率只有 2.5%, 绝大部分城市污水未经处理而直接排入巢湖。太湖有机污染突出, 富营养化严重。据 1995 年对 DO、COD、BOD、TP 四项监测资料综合评价表明, 太湖无 I、II 类水, III 类水占总水面 24%, IV 类水占 70%, V 类水占 6%。1990 年藻类大爆发, 造成自来水厂停水、减水, 影响人民生活 and 工业生产, 直接经济损失 1.3 亿元。目前, 我国湖泊富营养化日趋严重, 按照国际上总氮 (0.2 mg/L) 和总磷 (0.02 mg/L) 浓度作为湖泊富营养化的评价标准, 所调查的 25 个湖泊中多数湖泊总氮浓度高出 5~12.5 倍, 总磷浓度高出 10~50 倍^[6]。

(3) 残毒含量

一部分污染物如汞、DDT、多氯联苯等易溶于脂肪中, 具有很强的生物富集能力。这些污染物能直接从水中和沿食物链途径进入生物体内, 并逐步积累和放大, 生物浓缩系数可达几千到几万倍。残毒积累不仅影响水生生物的生存、繁衍, 也威胁人体健康。著名的日本水俣病就是食用含汞鱼类的缘故。

三、污染的原因及主要污染物

(一) 污染的原因

造成水体污染的原因是多方面的。主要有以下几方面:

1. 城市污水排放

随着工业生产和城市化的发展, 我国城市污水排放量急剧增加。据统计, 1980 年全国污水排放量 234×10^8 t, 1992 年 430×10^8 t, 估计 2000 年达到 $500 \sim 550 \times 10^8$ t, 其中工业废水约占 2/3。大部分污水未经处理即排入江河湖海, 造成水体污染。城市污水成分复杂, 是水体污染的主要污染源^[15]。目前, 长江干流每天接纳污水量近 $3\,000 \times 10^4$ t, 90% 以上未经任何处理。黄河也接纳大量未处理的污水, 估计 2000 年黄河接纳污水 50×10^8 t 以上, 占天然径流量的 10% 左右。

2. 水土流失

随着农业生产的发展, 农药、化肥用量大大增加。经雨水冲刷和水土流失, 氮、磷和农药等污染物随地表径流进入水体, 造成水体污染。我国水体氮、磷含量普遍较高, 并以颗粒磷为主, 说明水土流失是湖泊富营养化的重要污染源之一。

3. 水产和畜禽养殖

由于天然鱼类资源减少, 加上经营体制改革和养殖技术的进步, 特别是网栏、网围、网箱养殖技术的突破性进展, 近年来我国淡水养殖业发展迅速, 养殖产量成倍增长。全国淡水养殖产量 1952 年 13.6×10^4 t, 1962 年 31.5×10^4 t, 1970 年 58.2×10^4 t, 1980 年 90.1×10^4 t, 1985 年 237.9×10^4 t, 1992 年 535.0×10^4 t (约为天然捕捞量的 10 倍)^[16]。按生产 0.5 kg 鱼投入 2 kg 颗粒饵料计, 全国每年投入水体的颗粒饵料是十

分可观的。饵料残渣和鱼类粪便沉积水底，腐败耗氧，使湖泊、水库水质恶化，严重时甚至不能再利用来进行水产养殖。过去许多地方有挖湖泥进行施肥的习惯，这对于保护水域环境质量有积极意义，但现在很少进行这种繁重的劳动了。

4. 其他人为活动的影响

围湖造田、建设大坝水闸等人为活动，虽然不属污染范畴，但对某些水域生态系统的影响和破坏也是很大的。除直接影响外，还可能加重污染的程度，有时这种影响甚至超过污水排放造成的影响。

(二) 主要污染物

造成水体污染的污染物包括物理、化学和生物三大类。物理污染物包括固体悬浮物、热排放、放射性物质等；化学污染物主要包括一般无毒耗氧有机物、农药、重金属、有毒有机物、生物营养盐类、酸碱物质、油脂和合成洗涤剂等几大类；生物污染主要包括各种病原菌、寄生虫、藻类等。化学污染物种类多，数量大，范围广，是防治的主要对象。

四、水域污染生态学基本概念与发展概况

1. 基本概念与研究内容

生态学是研究生物与理化环境及与生物之间相互关系和作用的科学。内陆水域污染生态学是研究河流、湖泊、水库、池塘等内陆水域生态系统受到污染以后系统内水生生物与水环境之间相互作用的科学。它是水生生态学的一门分支学科，其理论基础是生态学，同时引入生态毒理学以及生态工程的一些原理与方法。研究内容主要包括：污染物对淡水生态系统群落结构、功能的整体生态效应及原理；水域污染的生态监测与评价；污染物的生物积累；水域污染的生物控制与利用途径，如污水的生物净化、污染水域的生态恢复和污水资源化的生态学途径与原理等。各部分之间的关系可用图 1-1 加以表示。污染生态学与环境化学、环境地学、环境卫生学、环境工程学等分支学科关系密切，是环境科学的重要组成部分。

内陆水域污染生态学与水生毒理学、水生生态毒理学相接近，特别是与水生生态毒理学的研究内容有许多重叠。因此，常常产生混淆，甚至把水生生态毒理学当成是水域污染生态学。其实它们之间既有相同之处，又有一定的区别。水生毒理学(aquatic toxicology)或称水生生物毒理学是研究化学物质对水生生物的急性和亚急性效应，包括污染物对水生生物的生存、生长、发育、繁殖、病理学、生理生化及行为的影响；同时研究药物动力学

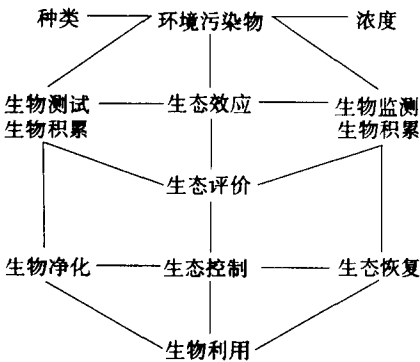


图 1 1 水域污染生态学主要研究内容
框架图

反应过程,包括其在水体、沉积物和水生生物中的迁移、分布和归宿^[17]。水生毒理学研究也着眼于对水生生态系统的影响,但主要是研究个体以下生物系统的毒性效应及其毒理学机理,主要任务是制定化学品对水生生物的安全标准及急性、慢性毒性研究规范与方法。水生生态毒理学(aquatic ecotoxicology)一词最早由 Truhaut 于 1969 年提出。1978 年环境科学问题委员会(SCOPE)对水生生态毒理学的定义是:研究化学、物理因子对生物的毒性影响,特别是对特定生态系统中生物种群和群落的影响;它包括因子的迁移途径和与环境之间的相互作用。水生生态毒理学的主要目的是分析污染物在自然生态系统中的迁移过程和对群落结构与功能的影响^[18]。由上可见,水生生态毒理学与水生毒理学内容相近,主要区别是水生生态毒理学强调种群和群落的影响,并比较侧重野外现场研究和模型生态系统研究方法。王德铭提出生态毒理学定义为:“生态毒理学以生态学和毒理学为指导,研究有毒、有害物质和因素在生态系统中的转移、转化和归宿,它们对生物群特别是群落以及个体以下的各级毒性效应与控制特定生态系统过程之间的相互作用,减轻或消除对人类及生态系统的负影响的一门学科”^[19]。内陆水域污染生态学研究内容除强调污染物对淡水生态系统群落结构、功能的整体生态效应原理和污染物在水域生态系统中的迁移、转化与归宿外,还涉及水域污染的生态监测与评价、水域污染的生态控制与生物利用途径,范围更为广泛,理论与实际结合更为紧密,是应用性比较强的一门学科。

2. 研究概况与发展趋势

大量合成和使用各种农药,杀死有害昆虫的同时,也将有益昆虫和鸟类一起杀灭,破坏生态平衡。1963 年美国女生物学家卡尔森出版著名的科普专著《寂静的春天》一书,详细论述盲目使用农药给环境带来的严重危害,引起社会各界对农药污染问题的重视。层出不穷的污染事故,使人们逐步认识到环境问题的严重性,从而把环境与人口、资源并列为人类面临的三大严重问题。

20 世纪 60 年代开始,科学家们对水域环境包括河流、湖泊、海洋进行广泛的调查评价,探讨污染的成因、污染的危害、污染物毒性毒理、污染治理以及污染水域的恢复途径等,取得大量研究成果。70 年代以后,发达国家十分重视对水域环境的保护,投入大量资金治理污染。经过 20 多年的努力,点源污染已得到较好的控制,水域污染的势头受到有效抑制,不少水域环境质量已有明显的改善和恢复。

欧洲一些国家开展了大量的水域生态系统恢复研究工作,并已取得明显成效。英国应用生物操纵技术使伦敦附近水库的水质一直保持良好状态。20 世纪 60 年代以后,英国政府对泰晤士河进行大规模的综合治理,使河流重新充满生机^[20]。

美国 1972 年公布了清洁水法。1975 年通过国会拨款支持清湖计划,控制污水的排放浓度。70~80 年代大力开展湖泊恢复的研究和技术发展工作。目前主要采取流域控制和湖内治理相结合的途径,再加上行政管理措施,取得显著效果。美国 90 年代初对河流、湿地生态系统的恢复也提出庞大的计划^[21],并正在逐步实施之中,有的河流的水质有了很大改善。

目前,发达国家在淡水生态系统研究中,政府和科学家们的关注焦点已迅速从对内陆水体生物生产力的开发转移到水环境保护上来。其总的发展趋势是政府加大经费支