



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

水体污染及防治概论

● ●
王宏康
编著

环保专业用

北京农业大学出版社

全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

水体污染及防治概论

王宏康 编著

环 保 专 业 用

北京农业大学出版社

(京)第164号

全国高等农业院校教材
水体污染及防治概论

王宏康 编著
责任编辑 张启福

北京农业大学出版社出版
(北京市海淀区圆明园西路二号)

北京外文印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168 毫米 32 开本 11 印张 272 千字

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数: 1—2000

ISBN 7-81002-233-4/X·234

定 价: 3.45元

编著者 王宏康(北京农业大学)

主审人 叶兆杰(浙江农业大学)

胡骥堂(南京农业大学)

前 言

近百年来,由于世界人口剧增和工农业迅速发展而带来的生态破坏和环境污染已日益严重。水是生命的源泉,经济的命脉。淡水资源的保护更是刻不容缓。由于城市废水和工业污水未经处理地任意排放;农药和化肥大量施用,通过农田径流或渗漏也使地表水和地下水受到污染。水体污染对水生生物、动植物、农作物生产,对家畜、人体健康的危害和对生态环境的破坏等已日益引起世界各国人民的忧虑和重视。近几十年来,环境科学界已在水资源规划、利用、管理和保护,水环境污染的发生及其机制,水环境质量及其评价,水体污染防治的立法和技术等方面开展了很多研究工作,并在实践应用中也取得了不少的成就。本教材在自编教材试用的基础上,参阅了较多的近期文献资料进行了补充和改写。主要内容有水资源、水的环境化学、水体污染源、水体中的典型污染物、水质模型简介和水体污染防治原理。编写时还尽可能结合农业环境保护工作中的一些实践。

本教材第五章第一节重金属污染中的铅、铜、锌;第五节热污染和第六节放射性污染由杨林书编写。第四节地面径流和非点源污染由夏立江编写。其余由王宏康编写和负责全书的主编。

在编写和审阅过程中,承蒙浙江农业大学叶兆杰教授,南京农业大学胡鹤堂教授精心审阅,西南农业大学青长乐教授提出宝贵意见,以及北京农业大学环保专业大部分教师的帮助,在此一并致谢。

环境科学是新兴科学,水体污染及防治概论亦属新编,一定会存在不少缺点和错误,敬希广大读者指正。

编者

1990年12月

内 容 简 介

近来由于淡水资源的短缺和水体污染加剧，已日益引起人们的忧虑。随着全球人口的剧增和工业的发展，很多城市废水和工业污水不经处理任意排放。在农业生产中施用了大量的农药和化肥，通过径流或渗漏也污染了水体。本教材在近年来水环境污染及其防治研究成果的基础上，主要介绍水资源、水体污染源、水体污染物在环境中积累、转移、变化或降解的规律，水质模型，最后还介绍了水体污染防治的一些基本原理。本教材不仅适用于高等农林院校环保专业，对于其他院校，例如环境科学系、环境工程、环境卫生、环境监测、环境管理等专业和广大的环保工作者，也具有参考意义。

目 录

绪言.....	1
一、当今的主要环境问题	1
二、环境科学的兴起	2
三、水体污染及其防治	5
主要参考资料	7
第一章 水资源	8
第一节 水是宝贵的自然资源	8
一、水循环	9
二、水在地球上的分布	12
三、我国水资源的特点	14
第二节 水资源的利用和保护	17
一、水资源的利用概况	17
二、水资源的危机	20
三、水资源的合理利用和保护	26
主要参考资料	29
第二章 水的环境化学.....	30
第一节 水的物理性质	30
一、热容	33
二、熔融潜热	33
三、蒸发潜热	33
四、热膨胀	33
五、表面张力	34
六、溶解能力	34
七、熔点和沸点	34
第二节 天然水中自然物质的成分和含量	35
第三节 地下水和地表水中各组成的来源和性质	38
一、总溶解固体物	38

二、主要的阳离子	38
三、主要的阴离子	42
四、微量阳离子	44
五、微量阴离子	45
六、溶解气体	49
七、放射性元素	50
八、自然水体中存在的有机化合物	50
第四节 河水化学	52
一、河水的主要化学组成	52
二、总溶解固体物	53
三、矿化度	53
四、溶质径流	54
第五节 大气降水	55
一、正常雨	55
二、酸雨	57
三、雪	59
第六节 吸附	59
一、吸附机制	59
二、次生黏土矿物的性质	61
三、影响吸附的因素	62
第七节 沉淀	65
一、氢氧化物	65
二、碳酸盐	68
第八节 络合	69
一、无机络合物	70
二、螯合物	71
第九节 氧化和还原	73
一、氧化还原反应的特点	74
二、水体系的 E_h -pH 图(pe -pH 图)	74
三、水圈中的氮	79
四、水圈中的硫	81

主要参考资料	83
第三章 水体污染和污染源	85
第一节 水体污染源	86
一、水体污染物的分类和特征	86
二、主要工业污染源所排放的污染物	90
三、主要污染物的来源	90
第二节 排放废水的类型和性质	91
一、工业废水	91
二、生活污水	92
三、农业污水	93
第三节 水质和水质标准	93
一、水质与人体健康	94
二、工业生产和水质	98
三、农业生产和水质	102
第四节 河流沉积物中的微量污染物	108
一、污染物的途径	109
二、自然背景值	109
三、污染物的运输	113
四、溶液中的形态	115
主要参考资料	118
第四章 水体中的主要有机污染物	120
第一节 需氧有机污染物的主要指标	120
一、溶解氧	120
二、生化需氧量	126
三、化学耗氧量	130
四、总有机碳	131
五、需氧有机物指标间的相关性	131
第二节 酚和氰	134
一、酚	134
二、氰化物	138

第三节 多环芳烃、多氯联苯和洗涤剂	140
一、多环芳烃	141
二、多氯联苯	144
三、洗涤剂	146
第四节 农药污染	148
一、引言	148
二、农药的分类简介	150
三、农药污染水体的途径	154
四、农药的毒性	159
五、农药对生态的影响	162
六、农药污染的防治	166
第五节 石油污染	169
一、石油污染的来源	169
二、石油的组成和性质	172
三、石油污染的危害	176
四、石油污染的防治	179
主要参考资料	180
第五章 水体中主要无机物和其它污染	184
第一节 重金属污染	184
一、砷	184
二、镉	187
三、铬	190
四、汞	193
五、铅	198
六、铜	204
七、锌	209
第二节 水体的富营养化	215
一、概述	215
二、富营养化污染的来源	217
三、富营养化的限制因素	219
四、富营养化阶段的划分标准	220

五、富营养化的危害	222
六、水体富营养化的防治	222
第三节 废水生物和生物污染	225
一、水中生命有机体的类型	225
二、水源中的病原体	229
三、生物污染的防治	234
四、生物积累、浓缩和放大	234
第四节 地面径流污染	238
一、城市径流的组成	239
二、城市径流污染负荷	239
三、城市径流污染物的类型、来源和危害	241
四、地面径流污染防治	243
第五节 热污染	245
一、概述	245
二、热污染对水环境的影响	247
三、水体热污染的主要来源	247
四、热污染的危害	251
五、水体热污染温度标准	252
六、热污染的防治	253
第六节 放射性污染	255
一、概述	255
二、放射污染源	258
三、原子能工业的潜在危害	261
四、放射性废水的处理	263
主要参考资料	265
第六章 水质模型简介	269
第一节 水质模拟的目的和模型分类	269
一、水质模拟研究的目的	269
二、水质模型分类	270
第二节 建立水质模型的一般步骤	270
一、概念化	270

二、模型的一般性质研究	271
三、参数估计	271
四、模型的验证	272
五、模型的应用	272
第三节 污染物的迁移方程	272
一、分子扩散	273
二、湍流扩散	275
三、弥散	276
第四节 河流水质模型	277
一、有机物进行生物氧化	277
二、DO	277
三、水域中的自净系数	279
四、Streeter-Phelps 模型的修正	279
第五节 水的环境容量	281
一、环境容量定义	282
二、水环境容量的组成内容	283
三、区域环境容量以允许排污总量 Q_0 表示	283
四、重金属的环境容量	284
五、我国水环境容量研究的进展	286
主要参考资料	286
第七章 水体污染控制	288
第一节 污水防治的原则和措施	288
一、水体防治的方针与原则	288
二、行政措施	289
三、法律措施	289
四、经济措施	290
五、技术措施	290
第二节 水的物理处理法	291
一、格栅、筛网和捞毛机	291
二、过滤	292
三、沉淀	292

四、隔油和破乳	294
五、浮上法	295
第三节 水的化学处理法	297
一、硬水的软化	297
二、化学混凝法	298
三、中和	299
四、化学沉淀法	299
五、氧化还原法	300
第四节 水的物理化学处理	301
一、吸附法	301
二、离子交换法	302
三、膜分离法	304
第五节 水的生物处理	307
一、生物膜法	307
二、活性污泥法	309
第六节 污泥的处置	314
一、概述	314
二、污泥的农田施用	315
第七节 氧化塘	317
一、概况	317
二、氧化塘生态系统的功能	320
三、氧化塘处理污水的效益	322
四、氧化塘的发展趋势	324
第八节 污水的土地处理	324
一、土地处理的类型	325
二、土地处理的作用和效果	327
三、土地处理的设计特点	328
四、污水土地处理的效益	328
主要参考资料	333
附录一	334
附录二	336

绪 言

人类对环境的破坏，自古以来就已存在，不过那时人口较少，物质文明不发达，这种破坏对全球的大环境影响并不明显，也不易被人们觉察和认识。自从 20 世纪 50 年代以来，由于世界人口的剧增和工农业的不断发展，致使生态平衡受到严重破坏。另一方面，由于工业三废和生活废弃物等不经处理地任意排放，自然界已经不能大量稀释和及时降解，致使环境污染也日益严重。环境污染已使水生生物、陆地动植物、农业生产和人畜健康造成危害。由于环境污染，已日益威胁到全球的生态平衡。

一、当今的主要环境问题

现在公认的主要环境问题是人口剧增，粮食亏缺，资源和能源的不合理开发利用，生态破坏和环境污染。

现在发达国家的人口增长率约为 0.55%，不发达国家约为 2.4%，而我国约为 1.2%—1.4%。我国人口的现状是人口多，增长快，年龄构成轻，生活和文化水平低和在地理上分布不平衡(东南多、西北少)。值得注意的是教育水平低和人口增长率高有密切联系。

从总体上说，全球的粮食产量在增加，但遗憾的是不发达国家粮食的增加，被人口同步增加所抵消，结果人均并没有增加，同时食品中的蛋白质含量低下。据 1985 年世界粮食组织 (FAO) 公布：全球有 5.5 亿饥民，每年有 4 000 万人饿死，其中以非洲最严重。我国的资源按人口平均计算，要远低于世界平均水平。关于能源，不发达国家的能源消耗，约只有美国的 1/14。发达

国家的生活能源消耗很大，有时可以说是很浪费，但在生产上的利用率却很高。不发达国家则与上述情况完全相反。

在生态破坏和环境污染方面，从人类历史的长河中来看，过去主要表现为生态破坏，而近百年来主要是环境污染。但发达国家的生态平衡一般保持较好，近年来，由于环境污染形成的阵痛，大体上已得到较好的治理。而我国的国情不同，人口的绝对数量大，经济实力差，所以在生态破坏和环境污染两方面所面临的问题都很严峻。

综上所述，更具体讲，当今主要的环境问题为：① 沙漠化日益严重；② 森林遭到严重砍伐；③ 野生动物大量灭绝；④ 世界人口急剧增加；⑤ 饮水资源越来越少；⑥ 渔业资源逐渐减少；⑦ 地面河水遭到严重污染；⑧ 大量施用农药和化肥；⑨ 地球温度明显上升(CO_2 的温室效应)；⑩ 酸雨现象正在发展；⑪ 臭氧空洞。

上述问题，有不少都是远远超越国界的全球性问题。自从1972年在瑞典斯德哥尔摩通过“联合国人类环境宣言”以来，有关环境的国际会议频繁，与会的科学家、政府官员和国家元首之多也是空前的。围绕着环境的破坏与保护，正进行着一场全世界的斗争。环境保护已经不再是一种口号，目前已发展成为一种新的世界观和形成新的政党。西方国家的“绿党”不仅问世，而且在敲着政权的大门。当今的政治家或是政府当局都不得不采取环境保护的方针和政策。不管是理论或是实际，现在还是将来，有计划地合理利用资源和保护环境，已是全球性国际合作中刻不容缓的大事。

二、环境科学的兴起

当前，全球环境问题，诸如气候变暖（由于 CO_2 等温室气体排放增加）、保护臭氧层、生物的多样性和海洋污染等已是国际

问题的重要热点，这些是涉及政治、经济、科学和外交等许多领域的综合性问题。在我国面临的突出生态环境问题有：森林覆盖率低，耕地少，水土流失和草原退化严重，沙漠化发展和淡水资源的短缺和污染。这些问题如不解决，势必影响我国持续稳定的发展。其中水体污染及其防治无疑应予以充分重视。

由于环境问题的严重发生，特别是从 20 世纪 50 年代以来，主要在发达国家的典型公害事件(public nuisance events)的发生，围绕着对这些问题的研究与解决，促进了环境科学的诞生。

环境科学是一门综合性很强的科学。它是研究人类环境质量及其控制的。它涉及到自然科学、社会科学和科学技术。其中有些是属于边缘科学，或以不同学科交叠处为起点而发展形成的。又有一些是在已有的传统学科中，在特别强调与环境有关的部分为生长点而发展形成的。在传统的自然科学中，诸如数学、物理、化学、天文、地理和生物中，都冠以“环境”衍生成环境科学中的重要组成学科。例如环境数学(包括环境统计)、环境物理学(特别是环境声学)。其中尤以环境化学的形成和发展最为活跃。常见到国外教材就很多(Pryde 1973, Moore 1976, Brokris 1977, Horne 1978, Bailer 1978, Manahan 1984)。Hutzinger 1985 虽属手册，但却像专著一样。国内见到的有 Bailer 1978 年的中译本(武汉大学译)外，正式出版的有戴树桂主编的(1987)。但国内教材更偏重在污染化学的内容，国外要更为宏观，譬如有些还涉及到宇宙的起源。Bowen 1979 汇集的资料很多，是一本很好的科研参考书。目前环境无机化学也有几种专著(Irgolic 1985)。以污染物为分析对象的环境分析化学和环境监测的建立和发展，更是日新月异。以生态学为基础，通过对污染物在环境中的模拟变化研究后，确定的环境基准，常常是制定环境标准和立法的根据。

环境空气动力学的发展较早。由于光化学烟雾和烟雾公害事件，对于大气逆温层和热岛等现象的研究结果，大气污染和污染气象已作为课程在高校开设。在地学方面，环境地质、环境地球化学、环境海洋学、环境地理和环境土壤学已诞生。不过其中有一些还未脱离原有学科的系统，只是加强和补充了和环境有关的部分。此外，土壤污染生态作为一个分支，也正在发展。

在环境生物学中，当然首推环境生态。生态学本身就是研究生物和环境关系的较老学科。过去在我国差不多停顿了 20 多年，现在谁也不能再否认生态的重要性了。目前新的研究方法——系统论、数学、工程和社会科学正在这方面互相渗透，于是系统生态、环境经济生态、数量生态和城市生态也在发展。除了环境生物、环境生物地质化学和生物监测等外，以环境微生物学的发展最活跃，这可能和微生物在环境中担任着重要的降解作用有关。有时科学和技术密不可分。新近生物技术的发展对改善环境质量具有重要意义。环境医学、环境卫生和环境毒理学等可以认为是应用基础科学。

在科学技术领域内，最早形成的是环境工程，它主要是从建筑学科的下水排放工程等发展形成的，除了对废气和固体废弃物的处理外，主要是污水处理工程。现在氧化塘和土地处理等也发展很快。环境质量评价不仅包括现状，还包括预测和风险评价，它是新建大企业的必须前奏。目前的遥感技术，也已应用于调查研究污染物形成的现状、迁移和变化。

在国内比较重视农业环境科学的发展。现在浙江农大、北京农大和西南农大等校已有环保专业或系。最早问世的是浙江农大主编的《农业环境保护》(1983)。各校为了开设概论课，大多有自编讲义。1986 年有胡庆永主编的《农业环保概论》出版。生态农业、农村能源的开发利用、工业三废的排放、化肥和农药在农业上的大量施用、生物防治、畜禽粪的利用和无公害蔬菜的栽培等