



- 高等学校水利类专业教学指导委员会
- 中国水利教育协会
- 中国水利水电出版社

共同组织编审

普通高等教育“十二五”规划教材
全国水利行业规划教材

水 环 境 学

窦明 左其亭 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

014034583

X143-43
03



- 高等学校水利类专业教学指导委员会
- 中国水利教育协会
- 中国水利水电出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
全国水利行业规划教材

水 环 境 学

窦明 左其亭 编著



X143-43

03



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



北航

C1714969

内 容 提 要

本教材是在综合了水资源学、环境化学、环境水利学等相关学科的基础理论知识和当前有关水环境研究领域的最新理论方法,并在满足水环境方面相关专业应用需求的基础上编撰完成的、主要面向本科教学的统编教材,由层次递进的三部分内容组成:对水环境中溶质形成和转化规律的基本认识;水环境保护分析与控制技术方法,包括检测分析方法、数学模型和污染控制技术方法;水环境主体工作内容,包括污染源调查、水环境监测、水环境质量评价、水环境保护规划和水环境管理。

本书可作为水利工程类、环境科学与工程类、地质工程类、地理科学类、地球科学类专业本科生、专科生学习教材,也可供上述专业的研究生和教师以及相关专业的科技工作者使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

水环境学 / 窦明, 左其亭编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 3

普通高等教育“十二五”规划教材 全国水利行业规划教材

ISBN 978-7-5170-1782-0

I. ①水… II. ①窦… ②左… III. ①水环境—高等学校—教材 IV. ①X143

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第043461号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 全国水利行业规划教材 水环境学
作 者	窦明 左其亭 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 15印张 356千字
版 次	2014年3月第1版 2014年3月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	30.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

人类在生存和发展的实践中，特别是在寻求解决环境问题有效途径的过程中，不断对水环境系统进行认识和探索，逐步形成了有关水环境方面的专业知识和经验。但在相当长的时间内，这些知识都融合在其他早期形成的学科中，如环境科学、水文学、地理学、自然资源学等。自 20 世纪 80 年代以来，随着人们对水环境问题认知水平的提高，国际社会开始重视这一领域的研究，这极大地促进了学术界的研究热情。在不断认识和经验积累的基础上，通过吸取其他基础科学的思想、理论、方法，逐渐形成了自成体系的水环境学。

由于水环境学刚刚形成体系，支撑其学科发展的基础理论还在不断地完善和总结中，给本教材的编撰带来了很大难度。在普通高等教育“十二五”规划教材、全国水利行业规划教材的支持下，作者在总结多年相关教学经验、科研实践和多本相关专著的基础上，编写了此书，力图向读者展现一个比较完整的水环境学体系。

本书由层次递进的三大部分内容组成，即“水环境中溶质形成与转化基本原理”、“水环境分析与控制方法”、“水环境保护主体工作”，共编排了 11 章。参加编写人员的贡献量如下：第一章、第五章由窦明、左其亭编写；第二章、第三章、第四章、第六章由窦明编写；第七章、第八章由陈豪编写；第九章由陈豪、左其亭编写；第十章、第十一章由凌敏华编写。全书由窦明统稿。

本书第一章是对水环境学的总体介绍，后面分为三个部分展开详述：第一部分包括第二章、第三章，是对水环境中溶质形成与转化规律的基本认识。第二部分包括第四章～第六章，是对水环境学基本理论方法的介绍。第三部分包括第七章～第十一章，是对水环境保护主体工作内容的介绍。在本书的每章后面列出了课后习题和参考文献，供进一步学习参考。本书计划教学学时数为 30～45 学时，书中带 * 的内容可以选讲，具体学时分配可由任课教师根据教学计划安排确定。

本书是在参考和引用作者撰写的多本教材[如:《水资源规划与管理》(左其亭、窦明、吴泽宁编著,中国水利水电出版社,2005);《水资源学教程》(左其亭、窦明、马军霞著,中国水利水电出版社,2008)等]的基础上,通过参阅大量文献,不断总结、完善编撰完成的统编教材。本书部分引用内容来源于作者的研究成果,这些研究成果得到了国家社科基金重大项目(12&ZD215)、国家自然科学基金(U1304509)、河南省高校科技创新团队支持计划(13IRTSTHN030)等项目的资助,谨此向支持和关心作者教学、科研工作的所有单位和个人表示衷心的感谢!书中部分内容参考和引用了有关单位和个人的研究成果或学术专著,均已在参考文献中列出。另外,在撰写过程中,还参考引用了《中华人民共和国环境保护法》、《水功能区划分标准(GB/T 50594—2010)》、《全国水资源保护规划技术大纲》等多个法规、标准及其他技术文件,在文中未能一一列出,在此一并致谢。

因首次编撰水环境学教材,无从借鉴,更因作者水平有限,书中错误和缺点在所难免,敬请同行专家和读者批评指正。

作者

2013年8月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 水环境概念及特性	1
第二节 水环境问题的产生和影响	3
第三节 水环境学理论体系简介	5
第四节 水环境学的任务及主要内容	9
课后习题	9
参考文献	10
第二章 天然水化学基础知识	11
第一节 天然水的化学成分	11
第二节 天然水溶质成分的形成过程	19
第三节 天然水组成的影响因素	24
第四节 各类天然水体的化学特征	27
课后习题	32
参考文献	32
第三章 水环境中污染物转化规律	34
第一节 污染物的分类及危害	34
第二节 水化学反应的基本原理	36
第三节 污染物在水中的转化过程	49
课后习题	57
参考文献	58
第四章 水环境检测分析方法	59
第一节 水环境分析方法概述	59
第二节 主要检测分析方法介绍	61
第三节 常用水环境指标检测方法	69
课后习题	76
参考文献	77

第五章 水环境数学模型	78
第一节 水环境数学模型的建模机理	78
第二节 主要水环境数学模型介绍	89
第三节 水环境数学模型的解析解	96
第四节 水环境数学模型的数值解	102
课后习题	106
参考文献	107
第六章 水污染控制技术	109
第一节 水污染控制技术发展沿革及主要内容	109
第二节 城市污水处理系统	113
第三节 非点源污染控制技术	119
第四节 流域综合治理技术*	126
课后习题	130
参考文献	130
第七章 污染源调查	131
第一节 污染源调查概述	131
第二节 污染源调查方法	134
第三节 污染源评价	138
第四节 污染负荷预测*	141
课后习题	146
参考文献	146
第八章 水环境监测	148
第一节 水环境监测概述	148
第二节 水质监测采样位置的布设	150
第三节 水样的采集、保存及预处理	156
课后习题	162
参考文献	163
第九章 水环境质量评价	164
第一节 水环境质量评价概述	164
第二节 水环境质量评价标准	166
第三节 水环境质量评价方法介绍	172
第四节 水生生物评价*	179
课后习题	183
参考文献	183
第十章 水环境保护规划	185
第一节 水环境保护规划概述	185

第二节 水功能区划	190
第三节 水环境容量	197
第四节 水环境保护规划数学模型	204
第五节 水环境保护规划报告编制	207
课后习题	211
参考文献	211
第十一章 水环境管理	212
第一节 水环境管理的概念与内容	212
第二节 水环境保护法规	214
第三节 水环境行政管理机制	219
第四节 水环境影响评价制度	224
第五节 水环境管理信息系统	228
课后习题	231
参考文献	231

第一章 绪 论

水是生命之源、生产之要、生态之基。兴水利、除水害，事关人类生存、经济发展、社会进步，历来是治国安邦的大事^[1]。然而，随着经济社会的发展和水资源开发利用程度的提高，人类对水环境系统的作用和影响越来越明显，水环境污染继干旱缺水、洪涝灾害之后成为制约人类发展的第三大水问题。为了有效解决水污染问题，人们在长期治水过程中摸索总结出大量有关水环境保护方面的专业知识和经验，并逐步形成了自成体系的水环境学。水环境学是一门新兴的涉及水利、环境两大学科领域的交叉分支学科，主要用于研究溶质在水环境中的形成与转化规律以及相应的水环境基础理论方法、水环境保护技术等方面。本章将概述水环境学的基础知识，包括水环境的概念及特性，水环境问题的产生和影响，水环境学的发展沿革、研究对象和理论体系，以及本课程的教学任务和主要内容。

第一节 水环境概念及特性

一、水环境的概念

在介绍“水环境”一词的概念之前，首先了解一下对“环境”的解释。“环境”是与某一中心事物有关的周围事物的总称。在环境科学中，“环境”一般被认为是围绕人类的空间，及其中可以直接影响人类生活和发展的各种自然因素的总体。但也有人认为环境除自然因素外，还应包括有关的社会因素（《中国大百科全书·环境科学》，2002）。因此，“环境”按其主体可分为两类：①以人类为主体，其他生命物体和非生命物质都被视为环境要素的环境；②以生物体作为环境的主体（包括人类和其他生命物体），只把非生命物质视为环境要素，而不把人类以外的生命物体看成环境要素的环境。

水环境则是指自然界中水的形成、分布和转化所处的空间环境。因此，水环境既可指相对稳定的、以陆地为边界的天然水域所处的空间环境，又可指围绕人群空间及可直接或间接影响人类生活和发展的水体，其正常功能的各种自然因素和有关的社会因素的总体。水环境主要由地表水环境和地下水环境两部分组成。地表水环境包括河流、湖泊、水库、海洋、池塘、沼泽、冰川等；地下水环境包括泉水、浅层地下水、深层地下水等。水环境是构成环境的基本要素之一，是人类社会赖以生存和发展的重要场所，也是受人类干扰和破坏最严重的领域。

通常，“水环境”与“水资源”两个词很容易混淆，其实两者既有联系又有区别。水资源是水环境的形成要素，水环境是水资源存在的场所。水资源是自然资源的一种，其含义十分丰富，文献[2]将“水资源”定义为两种：广义水资源是指“地球上各种形态（气态、液态或固态）的天然水”；狭义水资源是指“与生态系统保护和人类生存与发展密切相关的、可以利用的、而又逐年能够得到恢复和更新的淡水，其补给来源为大气降水”。

水资源的表现形态有气态、液态和固态,存在形式有地表水(如河流、湖泊、水库、海洋、冰雪等)、地下水(潜水、承压水)、土壤水和大气水。从水资源这一概念引申,也可以将水环境分为两方面:广义水环境是指所有的以水作为介质来参与作用的空间场所,从该意义上来看基本地球表层(大气圈、水圈、岩石圈、生物圈)都是水环境系统的一部分;而狭义水环境是指与人类活动密切相关的水体的作用场所,主要是针对水圈和岩石圈的浅层地下水部分。

二、水环境与地球表层环境系统

1. 水环境是地球表层环境系统的组成要素

所谓地球表层环境系统是指地球表面由大气圈、水圈、生物圈和岩石圈所共同组成的环境系统,是地球上与人类息息相关的生存环境。地球表层环境系统中各个圈层可以看做该系统的子系统,各子系统内部可继续划分亚子系统。对于地球表层环境系统中子系统和亚子系统而言,它们既是相对独立的,又都不是孤立的,而是相互作用、相互联系的有机整体,是在全方位上开放的系统。也就是说该系统的子系统和亚子系统之间,不断通过物质与能量的交换、迁移与富集过程而相互影响和相互制约,这是认识、分析、研究水环境作为地球表层环境系统的一个子系统发生、发展因果关系的根本出发点和依据。

2. 水环境在地球表层环境系统中的地位和作用

前面介绍过,狭义的水环境主要是指位于地球陆地表面的水圈,其上界面直接与大气圈和生物圈相接,下界面则主要与岩石圈相连。可见水环境在整个地球表层环境系统中占据着特殊的空间地位——处于大气圈、生物圈、岩石圈的交接地带,是连接无机环境和有机环境的纽带。从环境系统来看,它与大气、生物和土壤都密不可分。它是地表环境系统中各种物理、化学、生物过程以及界面反应、物质与能量交换、迁移转化过程的重要发生场所,也是环境变化信息较为敏感和丰富的子环境系统。正是由于水环境的这种特殊位置,促使它在该环境系统中起着重要的稳定与缓冲作用。此外,由于水圈与大气圈、岩石圈之间有着密切的联系,也使得水圈成为大气环境、土壤环境中污染物质浓度变化的调节平衡机制之一,如地下水对土壤环境中的污染物质迁移转化起到重要作用,水循环也对大气中 SO_2 、 N_2O 等有害气体的减少起到一定作用。

由于水环境有较强的自净能力、较大的环境容量,因而它在地球表层环境系统的污染净化过程中起着极为重要的作用。例如,人类很早就意识到水环境的这一功能,把它当作生活污水、工业废水的排放处理场所。水体作为一个重要的环境要素,其稳定协调与缓冲作用等环境功能,正在受到人们的重视和重新认识。但水环境的这种稳定和缓冲作用是有限的,若输入水环境的污染物质的数量和强度超过了水体的自净能力,或超过了水环境容量,不但会使水环境遭受污染或招致水生态系统平衡的破坏,而且可通过各种迁移途径,使大气、生物、土壤环境发生“次生污染”。

三、水环境的特性

水环境系统是一个复杂的,具有时、空、量、序变化的动态系统和开放系统。系统内外存在着物质和能量的变化和交换,表现出水环境对人类活动的干扰与压力,具有不容忽视的特性。

(1) 整体性。自然界中所有的水都是流动的,地表水、地下水、土壤水、大气水之间

可以相互转化,这是由水自身的物理性质决定的。正是由于水的这一固有特性,才使得水资源成为一种可再生资源,为水资源的可持续利用奠定物质基础。同时,这一特性还使地球上的所有水体形成一个整体,从而构成水环境的整体性。

(2) 可恢复性。自然界中的水不仅是流动的,而且是可以补充更新的,处于永无止境的循环之中。水的这种循环特性,使得水环境系统在水量上损失(如蒸发、流失、取用等)后和(或)水体被污染后,通过大气降水和水体自净(或其他途径),可以得到恢复和更新。可恢复性是水环境系统自我调节能力的体现。

(3) 有限性。虽然水环境是在不断恢复和更新的,但水环境对污染物的自净能力是有限的。当人类向水环境排放的污染物数量超过水环境容量时,水体就无法自净恢复到以前状况,从而使得水质变差,水体使用功能降低,甚至无法使用。

(4) 滞后性。除了突发性的污染与破坏可直观其后果外,日常的水环境污染与破坏对人们的影响,其后果的显现需要经过一段时间。

(5) 持续性。大量事实证明,水环境污染不但影响当代人的健康,而且还会造成世世代代的遗传隐患。

第二节 水环境问题的产生和影响

一、水环境问题的产生

水环境问题是伴随着人类对自然环境的作用和干扰而产生的。长期以来,自然环境给人类的生存发展提供了物质基础和活动场所,而人类则通过自身的种种活动给环境打下深深的烙印。随着科学技术的迅猛发展,使得人类改变环境的能力日渐增强,但发展引起的环境污染则使人类不断受到种种惩罚和伤害,甚至使赖以生存的物质基础受到严重破坏。目前,环境问题已成为当今制约、影响人类社会发展的关键问题之一。现代社会发展建设的各个领域,凡和环境有关的问题都日益受到人们的重视。从人类历史发展来看,环境问题的演进可大致分为三个阶段:

(1) 工业革命以前阶段。在远古时期,为了生存和发展需求,人类通过各种手段来获取生活必需品和生产资料。在这一过程中,随着砍伐森林,盲目开荒,乱采乱捕,滥用资源,破坏草原,农业、牧业的发展,引起一系列水土流失、沙漠化和环境轻度污染等问题。

(2) 环境的恶化阶段。18世纪60年代美国工业革命至20世纪50年代前,是环境问题的恶化阶段。在这一阶段,生产力的迅速发展,机器的广泛使用,劳动生产率的大幅度提高,增强了人类利用和改造环境的能力。由此,也带来了新的环境问题,大量废渣、废水、废气的排放污染了环境,并引起环境的进一步恶化。如1873~1892年间,伦敦多次发生有毒烟雾事件,死亡近千人。这一阶段的环境污染属局部的、暂时的,其造成的危害也是有限的。

(3) 环境问题的爆发阶段。20世纪中期以后,科学技术、工业生产、交通运输等迅猛发展,尤其是石油工业的崛起,导致工业分布过分集中,城市人口过分密集。环境污染由局部逐步扩大到区域、甚至全球;由单一的大气污染扩大到气体、水体、土壤和食品等

各方面的污染。有的已酿成震惊世界的公害事件。由于直接威胁着人们的生命和安全,环境污染成为重大的社会问题,激起广大人民强烈不满,也影响了经济的发展。例如美国1970年4月22日爆发了2000万人大游行,提出不能再走“先污染、后治理”的路子,必须实行以预防为主的综合防治办法。这次游行也是1972年斯德哥尔摩人类环境会议召开的背景,会议通过的《人类环境宣言》唤起了全世界对环境问题的注意。此后,发达国家把环境问题摆上了国家议事日程,通过制定相关法律,加强管理,采用新技术,使环境污染得到了有效控制。

总体来看,水环境问题自古就有,并且随着人类社会的发展而发展,人类越进步,水环境问题也就越突出。发展和环境问题是相伴而生的,只要有发展,就不能避免环境问题的产生。环境问题的产生是一个与社会和经济相关的综合问题,要解决环境问题,就要从人类、环境、社会和经济等综合的角度出发,找到一种既能实现发展又能保护好生态环境的途径,协调好发展和环境保护的关系,实现人类社会的可持续发展。

二、中国水环境现状

近些年,我国水体的水质状况总体上呈恶化趋势。1980年全国污水排放总量为310多亿 m^3 ,2000年为620亿 m^3 ,2011年为807亿 m^3 ,呈逐年递增趋势。随着排污量的日益增加,我国主要河流湖泊普遍受到污染。据统计,2011年,全国全年水质为Ⅳ类水以上的河长占35.8%,其中Ⅳ类水河长占12.9%,Ⅴ类水河长占5.7%,劣Ⅴ类水河长占17.2%。主要污染项目为高锰酸盐指数和氨氮。在全国10个水资源一级区中,按照污染程度由重到轻顺序是海河区、淮河区、辽河区、黄河区、松花江区、长江区、东南诸河区、珠江区、西南诸河区、西北诸河区。全国全年水质为Ⅳ类水以上的湖泊占41.2%,存在富营养化现象的湖泊占68.9%,其中河北的白洋淀,江苏的太湖、洪泽湖,安徽的天井湖、巢湖,江西的西湖,湖北的南湖、南太子湖、墨水湖,云南的滇池、杞麓湖、异龙湖富营养化程度较重。从水功能区达标率来看,全国全年水功能区水质达标率仅为46.4%,其中一级水功能区水质达标率55.7%,二级水功能区水质达标率41.2%^[6]。

同时,我国的地下水环境状况也日益变差。我国北方地区过量开采地下水,导致水位持续下降,引发了地面沉降、地面塌陷、地裂缝和海(咸)水入侵等环境地质问题,并形成地下水位降落漏斗。根据《全国地下水利用与保护规划》统计显示,全国地下水超采面积已达24万 km^2 ,涉及北京、天津、河北、山西、辽宁、吉林、江苏、山东、河南、陕西、新疆等24个省(市、自治区)。全国多数城市地下水受到一定程度的点源和面源污染,局部地区的部分指标超标,主要污染指标有矿化度、总硬度、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、铁和锰、氧化物、硫酸盐、氟化物、pH值等,而且地下水水质污染有逐年加重的趋势。在沿海地区,因地下水超采引起的海水入侵面积已经接近2500 km^2 ,海水入侵使得内陆淡水含水层水体咸化、使用价值降低。

此外,河湖萎缩,森林、草原退化,土地沙化等诸多问题都严重影响到水环境。全国水蚀、风蚀等土壤侵蚀面积367万 km^2 ,占国土面积的38%;在位于西北内陆区的石羊河下游、黑河下游、塔里木河下游都存在严重的土地荒漠化现象。

以上水环境问题的出现或加剧,均体现了加强水环境保护工作的重要性。为此,应尽快采取有效措施,缓和人类社会与自然界的紧张关系。

三、水环境问题带来的影响

水环境问题严重威胁到国家安全、经济安全和生态安全，其带来的影响主要表现在以下三个方面。

1. 水环境恶化威胁到国家安全稳定

目前，全国七大水系中有三分之一的河段严重污染，80%的城市河段水质普遍超标。例如，淮河在评价的 2000km 河段中，79%的河段不符合饮用水标准，80%的河段不符合渔业用水标准，32%的河段不符合灌溉用水标准。受不洁饮用水的影响，一些地区癌症发病率高出其他地区十几倍到上百倍，甚至在淮河干流和支流出现了数十个“癌症村”。另据全国饮用水源调查显示，全国约 7 亿人饮用大肠菌群超标水，1.64 亿人饮用有机污染严重的水，3500 万人饮用硝酸盐超标水。近年来我国伤寒、细菌性痢疾、传染性肝炎、腹泻等疾病屡有发生，都与水污染有关。我国是一个水资源短缺的国家，特别是北方地区缺水问题已十分严重，水污染加剧了水资源的短缺，全国 500 多个城市中有 300 多个城市缺水，40 多个城市经常闹水荒。

2. 水环境污染给国民经济带来重大损失

近二十年来，在全国范围内水污染事故时有发生。据不完全统计，在 1993~2004 年期间，全国共发生环境污染事故 21152 起，其中特大事故 374 起，重大事故 566 起，污染事故发展态势不容忽视^[5]。这些事故对工农业生产和人民生活造成极大危害，直接经济损失达数百亿元。例如，1994 年淮河水污染事故造成直接经济损失约 2 亿元，沿淮水厂被迫停止供水达 54 天；2005 年 11 月 13 日发生的松花江水污染事故造成直接经济损失 6900 万元，哈尔滨全城停止供水 4 天。另据 15 个省市 29 条江河不完全统计，平均每年发生大面积污染死鱼事故约 1000 起，直接经济损失达 4 亿元。

3. 水环境恶化引发生态平衡破坏

我国湖泊普遍遭到污染，尤其是重金属污染和富营养化问题十分突出。例如，由于昆明市大量工业废水和生活污水排入滇池，致使滇池重金属污染和富营养化十分严重，藻类数量暴增，夏秋季 84%的水面被藻类覆盖，作为饮用水源已有多项指标未达标。水污染使得滇池特产的银鱼大幅度减产，1987 年产量仅为最高年产量的 1/10，鱼群种类减少，名贵鱼种绝迹。受水体富营养化的影响，汉江先后在 1992 年、1998 年、2000 年、2002 年、2008 年发生了多次硅藻水华；太湖、巢湖、洪泽湖等淡水湖泊也多次爆发了蓝藻水华。同时由于水体污染，珠江、长江河口的溯河性鱼虾资源遭到破坏，产量大幅度下降，部分内湾渔场荒废。

由此可见，水环境污染带来的影响是非常严重的。在今后一段时期内，如果在水资源开发利用方式方面没有新的转变，在水环境保护能力方面没有大的突破，水环境质量将很难满足国民经济发展的需求，水危机将成为所有资源问题中最突出的问题，它将威胁到我国乃至世界的经济社会可持续发展。

第三节 水环境学理论体系简介

人类在生存和发展的实践中，特别是在寻求解决环境问题有效途径的过程中，不断对

水环境系统进行认识和探索,逐步形成了有关水环境方面的专业知识和经验。但在相当长的时间内,这些知识都融合在其他早期形成的学科中^[2],如环境科学、水文学、地理学、自然资源学等。进入20世纪80年代,随着人们对水环境问题认知水平的提高,国际社会开始重视这一领域的研究,这极大地促进学术界的研究热情。在不断认识和积累经验的基础上,吸取其他基础科学的思想、理论、方法,逐渐形成了自成体系的水环境学。

一、水环境学的概念

水环境学(Water environment science),是针对日益突出的水环境问题,综合应用环境科学、水利科学以及地理学、生态学、化学等其他相关学科的基本理论知识,研究水环境的形成和演变规律,特别是人类活动对水环境系统的组成、结构、性质和状况的影响,进而指导水环境保护相关业务(如水环境监测、调查、评价、预测、规划、治理、管理等)开展的知识体系。

水环境学是在20世纪60年代形成环境科学这门独立的、新兴的学科之后,以地球系统中水圈这一环境要素作为研究对象,将环境科学与水利科学交叉融合而形成的一个新学科。它主要用于研究人类在开发和利用水资源过程中出现的一切与环境有关的新问题,揭示经济社会发展、水资源开发利用与环境保护之间对立统一关系,从而有效掌握区域或流域水环境演变规律,并充分利用人类对自然环境的改造和能动作用,抑制和消除水环境污染带来的消极影响,使水环境系统朝着有益于人类发展和有利于生态平衡维护的方向发展。

二、水环境学的发展沿革

水环境学的发展经历了由萌芽到成熟、由定性到定量、由经验到理论的过程,大致可分为如下三个阶段。

(一) 第一阶段:萌芽阶段(20世纪80年代以前)

人为的环境问题,是随人类的诞生而产生、并随着人类社会的发展而发展的。到了20世纪50~60年代,全球性的环境污染与破坏,引起人类思想的极大震动和全面反省。环境学作为一门科学,开始发展起来。此后,地学、生物学、化学、物理学、公共卫生学、工程技术科学等原理和方法在环境研究领域的应用,极大丰富了环境学的内涵,并由此衍生出了环境地学、环境生物学、环境化学、环境物理学、环境医学、环境工程学等一系列的边缘性分支学科。此时,受人们的认识能力所限,对水环境系统了解不够、认知不深,水环境学被包含在相关学科中加以研究,不可能上升到水环境学理论高度、形成独立的学科体系,因此这一发展过程仅称得上是水环境学的发展起源或萌芽阶段。

尽管在这一漫长阶段还没有形成水环境学,但是通过人类的长期生产实践,获得和积累了大量的有关水环境方面的知识和经验,为后来水环境学的形成奠定了基础。

(二) 第二阶段:形成阶段(20世纪80~90年代末)

随着科学技术的迅速发展以及人类对水环境认识的不断深入,水环境在整个环境系统中的地位日益凸现,针对水环境领域的研究工作也越来越多。此时,传统的环境学已不能满足水环境领域的研究需要,更多涉及水环境方面的内容不断加入进来,并衍生出与水环境学相关的分支学科,如环境水利学、水环境化学、生态水文学等。这些学科可作为水环境学独树一帜的前奏,但由于其所侧重的研究方向和内容不同,尚不能称作真正意义上的

水环境学。在这一时期,由于出现的水环境问题越来越突出,对水环境的认识也越来越深刻,并发现了一些水环境学的基本原理,从而奠定了水环境学的基础,逐步形成了水环境学的雏形。同时,人们对水环境的一些看法也出现了重大转变,例如从早期“以牺牲环境为代价去追求经济效益”的观点,转变为“以环境为本、与环境共生”的理念等,并逐步重视水环境的调查、评价、规划、管理等工作,丰富了水环境学的内容。

(三) 第三阶段:初步发展阶段(21世纪初至今)

21世纪初以来,随着计算机技术的发展和遥感及信息技术的应用,一些新理论和边缘学科的不断渗透,使得水环境研究增添了许多新的技术手段、理论与方法,由此也使得水环境学理论更加丰富。同时,由于人类对环境改造能力的不断增强,活动范围不断扩大,再加上人口快速增长,也使水环境学面临更多的机遇与挑战,并极大地促进了水环境学的蓬勃发展。但值得一提的是,到目前为止还没有正式以水环境学命名的教材。本教材首次从一个学科领域的视角对水环境学进行了凝练和提升,力图使之成为一个完整的学科体系。

三、水环境学的研究对象及内容

水环境学的研究对象是由自然界各类水体形成的水环境以及与其相互作用的人类社会所构成的复杂大系统,归纳起来可分为两个方面:一是对水环境自身规律的认识,包括水环境天然化学组成、污染物在水环境中的转化规律、水环境数学建模、水环境质量评价、水环境容量计算等;二是对人类社会对水环境影响作用的认识,包括污染源调查、水环境监测、水污染控制措施制定、水生态修复与保护、水环境保护规划编制、水环境管理等。

水环境学由层次递进、相互联系的三部分内容组成:首先,是水环境中溶质形成和转化规律。将介绍水体中的溶质组成、来源以及溶质在水环境中的物理、化学和生物过程等。这是学习水环境学的基础知识,也是对水环境基本特征和规律的初步认识,是学习后续章节的基础。其次,是水环境分析与控制技术方法。将介绍水环境学的三大基础研究方法,即水环境检测分析方法、水环境数学模型、水污染控制技术。这是水环境学成为一门学科的理论支撑,也是后续章节中有关水环境保护主体工作开展的重要理论依据。最后,是水环境保护主体工作内容。将介绍污染源调查、水环境监测、水环境质量评价、水环境保护规划、水环境管理方面的知识。这是水环境保护工作的主体内容,也是水环境学服务于人类社会的重要体现。

四、水环境学的理论体系

根据水环境学的研究对象和研究内容,可以把本课程分成层次递进的三大部分内容,即“水环境中溶质形成与转化基本原理”、“水环境分析与控制方法”、“水环境保护主体工作”,组成水环境学的学科体系,本书编撰了11章,如图1-1所示。

五、水环境学的特点

水环境学不仅仅研究水环境系统自身,而且涉及与之有关的经济社会系统、生态系统以及它们之间的相互协调,研究的问题不仅有水环境问题,还有社会问题、生态问题,涉及的学科多、内容广。概括起来,有以下特点。

1. 交叉性

支撑水环境学的知识体系涉及了环境科学、水文学、化学、地质学、水力学、生物

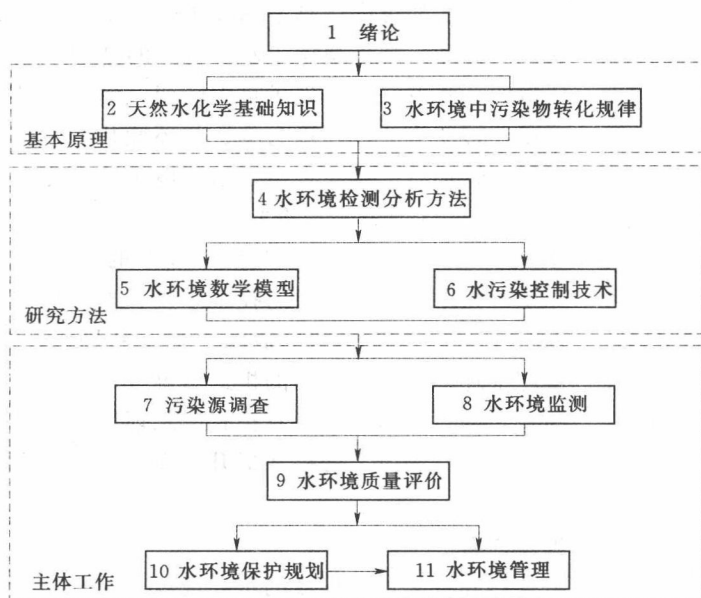


图 1-1 水环境学理论体系及本书各章安排

学、生态学等自然科学和经济学、社会学、法学、管理学等社会科学中与水有关的学科内容，所以它是交叉性很强的边缘学科。例如，在水污染治理工作中，要用到化学、生物学、生态学知识来设计不同的水污染处理工艺和流程；在对水污染进行预警预报时，要用到水文学、水力学、数学、计算机科学知识来研制水环境数学模型，有效模拟污染物在水体中的迁移转化规律；在水环境保护规划工作中，要综合运用社会学、经济学、系统科学知识对经济社会发展规模进行论证，为污染源控制方案的编制奠定基础；在面对水环境管理的复杂问题时，要借助法学、管理学、经济学知识，实现水环境管理的科学化、制度化。

2. 综合性

水环境学是将整个水圈作为研究对象，而水圈在地球系统中本身就是一个非常复杂的子系统，它涉及动物、植物、微生物等组成的生命系统和岩石、大气等组成的非生命系统，既涉及自然系统，又涉及人、社会、经济等社会系统。各个系统之间存在着多层次、多方位的复杂关系。所以水环境学是一门综合性很强、涉及面很广的科学。

3. 前沿性

水环境学作为一门新兴的边缘学科，随着人们环保意识的不断增强，其研究呈现出蓬勃发展的生机。近年来，各种具有前沿性的新观点、新理论、新方法研究成果不断涌现。同时，水环境学的发展还与当前的水环境管理政策、理念密切相关。随着近年来人类对水环境问题认识的不断深入，以及水环境保护理念的不断升华，水环境学也正朝着全新的方向快速发展和提升。

4. 应用性

水环境学是一门直接服务于人类社会的学科，其产生的目的就是为了解决水环境管理

工作中遇到的实际问题,其主要工作内容就是解决现实中出现的水环境问题,如污染源调查、水污染治理、水环境修复等。因此,水环境学是一门应用性很强的学科,需要在实践的基础上不断完善和发展,再反过来指导生产实践。

第四节 水环境学的任务及主要内容

我们组织编写的《水环境学》教材,可以作为水文与水资源工程、环境科学与工程、给排水工程、地理科学等相关专业的一门专业课或专业基础课教材。它的任务是让学生在掌握水文学、水资源学等学科知识的基础上,学习水环境学的基本理论、基本知识,初步掌握这方面的分析方法、计算方法以及实际工作方法,以使学生毕业后,经过一段生产实践的锻炼能胜任这方面的工作。对于从事水利工程、环境工程、给排水工程的设计、施工和管理的工程技术人员来说,掌握一定的水环境知识也是十分必要的。

本课程的主要内容包括让学生充分了解溶质在水环境中的形成和转化基本规律,熟悉、掌握当前主要的水环境检测分析方法、数学模型和污染控制技术,并能熟练地运用这些方法去解决研究工作中的实际问题,特别是能开展有关污染源调查、水环境监测与评价、水环境保护规划编制、水环境管理政策和措施制定等方面的常规水环境保护工作。

实际上,本教材是对水环境学主体内容的系统介绍。在水文与水资源工程专业课中,多数学校已经安排了水环境化学、环境规划与管理、水资源保护等课程,与本教材部分内容重复,可以在本课程中少讲或不讲。本教材可以作为水文与水资源工程专业的专业基础课,对水环境学内容做概论性介绍;也适合于非水文与水资源工程专业的教学,安排这一门专业课教学,基本上能满足对水环境知识的了解。

本教材教学学时合计为30~45学时,各章的学时分配为:①绪论2~3学时;②天然水化学基础知识3~4学时;③水环境中污染物转化规律4~6学时;④水环境检测分析方法2~3学时;⑤水环境数学模型4~6学时;⑥水污染控制技术2~3学时;⑦污染源调查2~3学时;⑧水环境监测2~3学时;⑨水环境质量评价3~4学时;⑩水环境保护规划3~5学时;⑪水环境管理3~5学时。书中带*的内容可以选讲,具体学时分配可由任课教师根据本校教学计划安排的学时确定。

课 后 习 题

1. 讨论水环境与地球表层环境之间的内在联系。
2. 收集我国现已发布的水体水质统计资料,分析全国水质状况的变化趋势。
3. 查阅相关资料,并举例说明水环境问题带来的负面影响以及开展水环境保护工作的重要意义。
4. 分析水环境学与其他相关学科之间的内在联系。
5. 介绍水环境学的研究对象及内容。
6. 阐述水环境学的理论体系及其各组成部分的内在联系。