



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境水文学

陈俊合 江 涛 陈建耀 编著



科学出版社

www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

环境水文学

陈俊合 江 涛 陈建耀 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在介绍水体理化生物特性和水污染自净机理的基础上,对变化环境下的水文情况进行讨论,针对各类水体污染的特点,分别对河流、湖泊、水库、地下水和河口建立水质模型和预测,并对同位素等新技术、新方法在环境水文中的应用加以介绍。本书力图把污染物迁移扩散过程与水分循环过程密切结合起来,把水量水质的分析计算、预测预报方法有机结合起来。

本书可用作高等院校水资源、水利规划与管理、生态环境、环境管理等专业的高年级本科生及研究生教材,也可供水利规划管理、环境管理、计划行政管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境水文学 / 陈俊合, 江涛, 陈建耀编著. —北京: 科学出版社, 2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-019224-0

I. 环… II. ①陈…②江…③陈… III. 环境科学: 水文学-高等学校-教材 IV. X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 128168 号

责任编辑: 郭 森 杨 红 李久进 / 责任校对: 宋玲玲

责任印制: 张克忠 / 封面设计: 耕者设计工作室

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

*

2007 年 8 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2007 年 8 月第一次印刷 印张: 15 1/2

印数: 1—3 000 字数: 294 000

定价: 26.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<路通>)

前 言

地球上的水,主要包括降水、地表水和地下水。在太阳辐射及地心引力的作用下,水圈中的水不断地运动变化,周而复始,形成循环。如果以海洋蒸发作为起点,从广大海洋面蒸发的水汽升入高空后,其中一部分水汽在适当条件下凝结,形成降水,又回到海洋里;另一部分被气流带到陆地,也在一定条件下凝结成降水。降落在陆地的雨雪,一部分重新蒸发回到高空,另一部分经植物截留、地面拦截、土壤入渗之后形成地面径流及地下径流,最后又回归海洋,形成一个闭合的动态系统,称之为水分循环。

随着社会经济的发展,人类在生产和生活过程中向自然界排放的污染物越来越多,污染物随水文循环扩散到河流、湖泊、水库、港湾和地下水中,使大量的水域受到污染,日益危及人类的生存环境。在水资源严重缺乏的今天,掌握水文科学的基本规律尤为必要。为此,必须在了解水分循环规律的同时,探讨水体污染自净的机理和环境变化情况下的水文情势,通过数值模拟等方法对水资源、水环境进行分析预测,以便采取有效措施更好地保护水资源、水环境。

环境水文学作为环境科学和水文科学之间相互联系、相互渗透的交叉学科,从水环境的角度研究污染物随水分循环迁移扩散的过程,介绍江河、湖泊、水库和地下水等水体以及土壤中水量水质状况的评价、分析计算和变化趋势的预测方法,为合理开发利用水资源、实施有效的环境保护提供依据。

本书力图把污染物迁移扩散过程与水分循环过程密切结合起来,把水量水质的分析计算、预测预报方法有机结合起来。在介绍水体的理化生物特性和水污染自净机理的基础上,对环境变化下的水文情况进行讨论,针对各类水体污染的特点,分别对河流、湖泊、水库、地下水和河口建立水质模型和预测,并对同位素等新技术、新方法在环境水文中的应用加以介绍。

本书分 4 篇共 13 章。陈建耀编写第十二章,江涛、付丛生编写第八章、第九章,其余各章由陈俊合、刘树锋、吴海兵和谢广良编写,曾松青、贾建辉、申云等协助编辑和校核部分图件、文稿,陈俊合负责全书的汇总、统稿。

本书在编写过程中参阅了大量的国内外资料和文献,借鉴了同行们的研究成果,并得到有关专家同行的热情帮助,在此向他们谨表谢意!

由于作者水平有限,编著这类交叉学科的教材是一种尝试,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2007 年 4 月于中山大学康乐园

目 录

前言

第一篇 导 论

第一章 环境水文学综述	3
第一节 我国水环境问题	3
第二节 环境水文学的发展概况	5
第三节 环境水文学的定义和内容	7
第二章 水的特性与水体污染	10
第一节 水的特性	10
第二节 水体污染	28
第三节 水体污染类型	32
第三章 污染变化规律	46
第一节 水体中污染物变化机理	46
第二节 污染物的迁移转化	49

第二篇 变化环境下的水文情势

第四章 城市化与水文情势	69
第一节 城市化的水文效应	69
第二节 城市洪涝灾害及防洪排涝计算	75
第五章 工农业生产与水文情势	82
第一节 工(矿)生产对水文环境的影响	82
第二节 农业生产对水文环境的影响	86
第六章 水利工程建设与水文情势	90
第一节 水利工程的作用、效益	90
第二节 水利工程对水文环境的影响	93
第三节 国内外一些水利工程对水文环境的影响分析	102
第七章 森林植被与水文情势	105
第一节 森林水文及其发展	105
第二节 森林生态的水文效应	106

第三篇 水环境污染及水质模拟

第八章 河流水质数学模拟	117
--------------	-----

第一节 水质数学模型概述	117
第二节 河道水流运动的数学模型	119
第三节 一维水质数学模型	130
第四节 二、三维水流与水质数学模拟	134
第五节 水质模型参数的确定	142
第六节 应用实例	144
第九章 湖泊(水库)水质数学模拟	148
第一节 湖泊(水库)水质模型概述	148
第二节 湖泊(水库)温度模型	149
第三节 湖泊(水库)富营养化模型	158
第十章 地下水数学模拟	165
第一节 流体动力弥散型水质模型	165
第二节 对流型水质模型	170
第三节 集中参数型水质模型	173
第四节 模型的选择	175
第十一章 河口及潮汐河流水质模型	178
第一节 河口水质模型及其分类	178
第二节 河口一维水质模型	180
第三节 河口二维水质模型	181
第四节 河口 BOD-DO 模型	183
第四篇 新技术新方法的应用	
第十二章 同位素在环境水文中的应用	189
第一节 同位素基础	189
第二节 同位素在降水中的应用	197
第三节 同位素在水文循环与转化中的应用	204
第四节 同位素在地下水中的应用	214
第五节 同位素在物质转化与环境变迁中的应用	221
第十三章 新方法在环境水文中的应用	227
第一节 人工神经网络在水环境系统中的应用	227
第二节 遗传算法在模型参数优选中的应用	230
第三节 小波分析在水文水资源中的应用简述	234
主要参考文献	236

第一篇 导 论

第一章 环境水文学综述

第一节 我国水环境问题

水资源是十分重要又很特殊的自然资源,它是人类赖以生存的基本物质条件,也是人类社会可持续发展的限制因素。它在自然界中以不同的形态存在并循环不息,其水质也受多种因素的影响而变化。地球上水的总量约为 13.86 亿 km^3 ,其中淡水仅占 3%。由于绝大部分的淡水以冰川的形态存在于两极和高山顶部,因此,可供人类利用的淡水又不到其总量的 1%;水资源在全球各地分布又极不均匀,加上浪费和污染,所以使各地区和各国可以利用的水资源差别很大。

人类的生活和生产活动无一不需用水。其中,农业是最大的淡水用户,世界平均农业用水量约占总用水量的 69%,主要用于灌溉。更值得注意的是在灌溉过程中水的损失惊人,损失水量甚至高达总灌溉用水量的 70%~80%。工业用水比农业用水少得多(约占 23%),其中大部分用于电厂冷却水,造成热污染。其余各种工业废水则造成极为严重的污染。生活用水仅占全部用水量的 8%。人类在生理上对淡水的需用量并不大,每天仅几升即可维持生命,直接饮用的水量每人每天约为 1~2L。但是,人类其他生活活动所需的用水量却与日俱增。

近年来,由于世界人口增长和社会经济发展,需水量增长速度惊人,加上用水的浪费和水资源的污染,使优质水资源日益短缺。种种迹象表明,水的问题即将或已经成为一个严重的社会问题,1992 年初有 156 个国家代表参加的“世界水资源与环境大会”提出了警告:“水资源短缺已成为当今人类面临的最严峻挑战之一。”据联合国预测,水将成为 21 世纪最有争议的问题,全世界将有 10 余亿人得不到清洁的饮水,17 亿人缺乏最基本的公共用水卫生设施,这两个问题加在一起对城市的影响将极为严重。

我国水资源总量不少,河川年径流量 $(2.7 \sim 2.8) \times 10^{12} \text{ m}^3$,居世界第 6 位,但人均占有水量仅为 $2400 \sim 2500 \text{ m}^3/\text{a}$,仅列世界第 110 位,为世界人均占有水量的 $1/4$ 。而且,我国水资源时空分布极不均匀,洪涝干旱灾害频繁,可利用水资源量占天然水资源量的比重小,水污染普遍较严重,水的浪费现象也十分严重。这些问题已逐渐成为制约我国经济持续发展和影响人民身体健康的重要因素。以下是对我国面临的主要水环境问题的简要论述:

1. 水域污染严重

随着社会经济的发展,工农业废水排放量逐年增长,七大水系的水污染程度在

加剧,范围在扩大。2005 年国家环境监测网七大水系的 411 个地表水监测断面中,符合Ⅰ~Ⅲ类标准的占 41%;属于Ⅳ~Ⅴ类标准的占 32%;达到劣Ⅴ类水质标准的占 27%。其中,珠江、长江水质较好,辽河、淮河、黄河、松花江水质较差,海河污染严重。主要污染指标为氨氮、五日生化需氧量、高锰酸盐指数和石油类。

我国城市地下水水质总体较好。2005 年,全国有 160 个城市(地级以上城市 139 个,县级城市 21 个,平原城市一般包括所辖地区)开展了地下水监测工作,地下水监测点控制总面积 111 万 km²。与 1996 年相比,全国主要城市和平原区的地下水水质状况相对稳定,局部地区有继续恶化的趋势。监测表明,地下水污染存在加重趋势的城市有 21 个(主要分布在西北、东北和东南地区),污染趋势减轻的城市 14 个(主要分布在华北和西北地区),地下水水质基本稳定的城市 123 个。

我国湖泊水库普遍受到污染,总磷、总氮污染严重,有机物污染面积广,个别湖泊水库出现重金属污染。2005 年,28 个国家监测重点湖(库)中,满足Ⅱ类水质的湖(库)2 个,占 7%;Ⅲ类水质的湖(库)6 个,占 21%;Ⅳ类水质的湖(库)3 个,占 11%;Ⅴ类水质的湖(库)5 个,占 18%;劣Ⅴ类水质湖(库)12 个,占 43%。其中,太湖、滇池和巢湖水质均为劣Ⅴ类。

我国四大海域污染主要发生在近岸海域并有加重趋势,主要污染指标为无机氮、无机磷和石油类。2005 年,全国近岸海域Ⅰ~Ⅱ类海水比例占 67.2%;Ⅲ类海水占 8.9%;Ⅳ类、劣Ⅳ类海水占 23.9%。9 个重要海湾监测结果表明,黄河口和北部湾海域水质较好,以Ⅰ、Ⅱ类海水为主;其次是胶州湾和闽江口,Ⅱ类海水和劣Ⅳ类海水各占 50%;珠江口、辽东湾、渤海湾水质较差,Ⅳ类、劣Ⅳ类海水比例为 60%~80%;长江口、杭州湾水质最差,以劣Ⅳ类海水为主。四大海域中,黄海和南海Ⅰ、Ⅱ类海水比例较高,分别达到 88.9%、85.8%;渤海Ⅰ、Ⅱ类海水比例为 66.0%,Ⅳ类和劣Ⅳ类海水占 19.2%,主要污染指标为无机氮、活性磷酸盐;东海Ⅰ、Ⅱ类海水比例为 35.5%,Ⅳ类和劣Ⅳ类海水占 52.7%。

2. 大气污染比较突出

2005 年监测的 522 个城市中,空气质量达到一级标准的城市 22 个(占 4.2%)、二级标准的城市 293 个(占 56.1%)、三级标准的城市 152 个(占 29.1%)、劣于三级标准的城市 55 个(占 10.6%),主要污染物为可吸入颗粒物,在可比的城市中,40.5%的城市颗粒物超过二级标准,超过三级标准的城市占 5.5%;SO₂ 年均浓度达到国家二级标准(0.06mg/m³)的城市占 77.4%;超过国家三级标准(0.10mg/m³)的城市占 6.5%;所有统计城市的二氧化氮浓度均达到二级标准,但广州、北京、宁波、上海、杭州、哈尔滨、乌鲁木齐、南京、成都、武汉等大城市二氧化氮浓度相对较高;全国开展酸雨监测的 696 个市(县)中,出现酸雨的城市 357 个(占 51.3%),其中浙江省象山县、安吉县,福建邵武市,江西瑞金市酸雨频率为 100%。

3. 水土流失日益严重,土地荒漠化不断扩大

截至 2005 年底,我国水土流失面积 356 万 km^2 , 占国土总面积的 37.1%, 其中, 水力侵蚀面积 165 万 km^2 ; 风力侵蚀面积 191 万 km^2 。水土流失主要分布在山区、丘陵区和风沙区, 特别是大江大河中上游地区。全国每年因水土流失造成的流失土壤 50 亿 t。大量的开荒、采掘业及修路作业等开发活动, 导致耕地贫瘠化和荒漠化、河道淤塞、水库使用寿命缩短。20 世纪的最后 10 年间, 我国每年约有 2100 km^2 的土地沦为荒漠。现在沙漠、戈壁、荒漠化土地面积之和已达 153 万 km^2 , 占全国土地面积的 16%。土地的荒漠化加剧了我国某些地区的贫困化, 并形成恶性循环。

在未来的发展进程中, 我国将面临历史上最严峻的水资源与环境的挑战, 走可持续发展的道路是当代中国人民的紧迫而重要的任务。为解决中国发展与水环境的矛盾, 利用有限的水资源完成现代化的任务并满足广大人民日益增长的需要, 必须探求水环境变化的机制, 寻求一条经济发展与生态和谐共存的可持续道路。而环境水文学正是针对解决目前水环境问题而设置的课程之一, 因此, 环境水文学课程的提出与完善是适应目前的水环境形势的。

第二节 环境水文学的发展概况

环境水文学是随着水文研究的深入与环境科学的兴起而发展起来的。世界上许多国家和有关国际组织, 先后在这方面开展了不少的研究。

在联合国教科文组织国际水文计划 10 年(IHD)(1965~1974 年)的末期, 过去单纯水文物理学过程的研究逐渐有了环境和生态方面的内容, 尤其是来自其他学科知识的融入和交叉, 如自然地理学、生态学、水文地质学、河流地貌学、土壤物理学等, 它们对水文学自身的发展起到了重要推动作用, 这些都归结为环境水文学的范畴。因为在这些分支学科中都涉及水量平衡、营养物质和沉积物质量平衡的物理过程, 研究是从 1978 年 Kirkby 编著的山坡水文学开始。20 世纪 70 年代和 80 年代发展起来的径流过程数字地形模型提出了土地利用变化对径流、侵蚀、沉积以及水质等影响的空间观点。同时, 80 年代对酸雨问题的研究激发了相关工作的进展, 如在北美和欧洲对水文学和化学之间关系的研究, 一度促进了环境水文学的发展, 即使在南半球, 水文学团体也在向这一领域接近。在世界的许多地区, 淡水资源正在成为生态环境和经济发展的限制性因素, 同时对淡水生态系统的各种负面影响仍在不断扩大。根据 1980 年 Popper 对未来的预测, 现有的方法已不能解决环境问题。在 1992 年于柏林召开的水和环境国际会议上, 提出了寻求新的方式解决环境问题, 这就促进了环境科学和水文学的结合。

在我国, 20 世纪 50 年代中期即有部分水文测站开始进行天然水化学成分的

测验工作,随着国民经济建设发展的需要,接着开始对已经发生或可能发生污染的河流、重要湖泊、水库在控制性地点进行水化学成分的测验工作。20 世纪 60 年代逐步统一规划了水化学站网的测验工作,为引用地表水、利用地下水、防治土壤盐碱化等提供水化学资料。一些大型水库工程、大型城市的供水工程、大型工矿企业,还结合勘探、规划、设计、施工和管理自行作水质分析和水处理工作或探讨一些与环境相关的专题。为了适应水利工程和水土保持工作发展的需要,水文、水利工作者开展了径流、泥沙影响方面的研究,并进行了现场的观测和分析,如黄河三门峡水利枢纽的建设过程中,水利科技工作者对水库水位抬高淹没村庄、地下水位上升、水库淤积、灌区的土壤盐碱化等问题进行了大量研究。

20 世纪 60 年代前期,黄河水利委员会、长江流域规划办公室组织技术力量专门进行全流域的农、林、水利、水土保持措施对径流、泥沙影响的调查研究,还设立了径流实验站和水土保持实验站。此外,在交通城建部门也开展了一些区域性或局部性有关方面的水文效应研究工作,但当时还没有提高到环境的整体研究工作上来。70 年代中期,因河南发生了特大洪水,在全国范围内开展了水库大检查,涉及库区的环境问题。70 年代后期,环境保护受到全面的重视,从中央到地方及流域水利部门相继设立了主管环境保护的专门单位和研究所,部分高校增设环境保护专业。1979 年 9 月全国人大常委会制定了环境保护条例,并颁布试行。1980 年初开始进行了全国的水资源普查与评价工作,结合这项工作,对环境水文开展了不少课题研究。1981 年中国水利学会还成立了环境水利研究会,推动环境水利(其中也包括环境水文)的研究工作。1982 年水电部制定了《关于水利工程对环境影响的的评价的若干规定》,并付诸执行。1983 年城乡建设环境保护部制定了《环境保护标准管理方法》,1984 年 5 月全国人大常委会通过了水污染防治法,正式以法律保护水资源防止遭受污染。这些都大大促进了环境水利的改善,同时也促进了环境水文的科学研究工作。在我国的“六五”、“七五”计划的攻关课题中,都有环境水利和环境水文的项目。

20 世纪 90 年代以来,我国的环境水文学研究工作有了很大的发展,并且都是从我国的国情和实际出发,紧密结合工程建设规划、设计、施工、运行管理中的生产需要进行的。比较重大的课题有:酸雨的形成与防治;沱江、湘江、长江武汉江段的污水防治;黄河、渭河泥沙的重金属吸附;珠江三角洲及河口的污染防治;太湖环境质量调查与保护及大水面养殖问题;过量开采地下水引起的地面沉降问题;矿山排水对水资源的破坏问题;沙漠化、水土流失的环境问题;黄淮海平原土壤盐碱化改良;北京城市生态系统与环境规划研究;天津于桥水库的面源污染问题等。大型水利环境影响评价,其中以南水北调及三峡工程的环境影响尤为瞩目。

我国的环境水文研究虽然起步较晚,但却如雨后春笋般地成长起来。在理论上对污染物的输移、水环境预测、水污染系统控制规划等有独创的成果,在实际工

作中也取得了一定的成效。

第三节 环境水文学的定义和内容

一、环境水文学的定义

由“人与环境”所构成的对立统一体,我们称之为“人类—环境”系统,它是一个以人类为中心的生态环境系统。环境科学就是以这个系统为对象,研究其发生、发展、预测、调控以及改造和利用的科学,它包含许多门类。当 20 世纪 60 年代环境问题日益严重引起人们的注意时,许多学者都参与研究和解决环境问题,使一些学科产生了新的分支,如环境物理学、环境化学、环境地学、环境生物学、环境工程学等。他们来自不同的学科,分别从不同的角度来研究和解决环境问题。进入 70 年代以后,在这些分门别类的环境科学相互作用、互相渗透的过程中,孕育了更高层次的、统一的、独立的新环境学科——环境学。在环境学里,又形成了一些分支科学,如理论环境学、综合环境学(全球环境学、区域环境学等)、部门环境学(自然环境学、工业环境学、农业环境学等)、社会环境学等。环境水文学是环境科学中环境地学的一个分支,也是环境学中的水体环境部分。它与普通水文学的不同之处在于把水量和水质有机结合起来,使读者对水体的量和质能够形成系统完整的认识。环境水文学的定义,从它涉及水圈中的环境水文问题来看,可以这样认为:环境水文学是研究环境在水循环过程中的影响,以及水体水文情势的改变对环境的影响,水体中量与质的变化规律及预测、预报方法的一门学科。

二、环境水文学的研究任务

水是一种极为重要的资源,人们生活离不开水,工农业生产、城镇建设、交通运输、能源发电等也都离不开水,所以水资源的开发利用是关系到整个国民经济发展的首要问题。但是,水资源开发利用往往伴随一些环境问题的产生。它主要表现在以下几个方面:

1) 由于社会经济发展,对水资源的需求量增大,污水也相应增多,从而对水的时空分布、水循环及水的理化性质、水环境产生了一定影响。这些自然因素和人为因素变化常常会导致水资源紧缺、水环境污染以及洪水灾害。

2) 由于城市化建设、工农业生产迅速发展,导致人口密度增加、土地利用性质改变、建筑物增加、道路及地下管网建设使下垫面不透水面积增大以及森林植被变化,直接改变了地表和地下径流形成条件,使水文过程产生变异。

3) 水资源工程在兴利除害、改造自然和改善环境的同时,也产生一系列新的环境问题。水资源开发利用所产生的环境影响主要表现为造成水文情势的变化,

例如,兴建水库就形成大水体和抬高水位,使径流发生变化;湖泊利用可能缩小水体和降低水位;发展灌溉就要改变地表水、地下水和土壤水的综合状况等。水文情势的变化必然导致水体温度状况和局地气候的变化,从而引起水质状况、生物群和生态系统的改变。水体的变化也会改变地质环境,从而导致地貌(包括泥沙淤积和冲刷)变化和诱发地震等。上述变化还会对当地人体健康造成不利的影响。

为了适应水资源及国土资源的开发利用、水利水电工程建设、工矿交通建设、城镇建设等的需要,环境水文学的研究任务主要包括以下几个方面:

- 1) 了解和掌握水循环过程中水体的污染特征和变化规律;
- 2) 为规划设计、水污染控制管理提供资料数据和环境水文计算模型;
- 3) 进行水体环境的水质预测、预报,供决策者应用和参考;
- 4) 对工程的环境影响进行评价。

三、环境水文学的研究方法

由于水文现象具有必然性和偶然性两个方面,这就可以从确定性规律和随机性规律入手去采取不同的研究途径。环境水文现象复杂,影响因素众多,需要进行实地观测、监测和调查,积累资料去分析研究。为了探讨水文过程的物理机制,还需要辅以野外或室内的实验。在有些地方实测资料不够充分,甚至缺乏,就要找出办法来估计。所以,环境水文学的研究方法概括地讲,主要有以下5种:

1) 成因分析、定量关系法。主要用于有确定性因果关系的情况,建立水文现象与影响因素之间的定量关系,这种关系也可以是多因子的。还可以把环境水文现象的复杂系统分解为若干子系统,进行影响因素的分析,然后加以综合。

2) 数理统计频率分析法。主要是根据水文现象的随机性,以概率理论为基础,求取特征系列的频率分布,进行频率分析,从而得出规划设计所需要的设计特征,也可外延使用。

3) 数学模拟法。用微分方程组来模拟水文现象内部各物理量之间的关系,构建水文数学模型。这种水文模型按水文现象的固有性质,可以分为确定性和随机性两类。确定性水文数学模型又分系统理论模型和概念性模型两大类。前者是指对流域内部的物理机制往往不能事先确定,而只能建立在“系统识别”过程上求得结果的一种方法;后者则是指在流域结构内部,把水文现象的物理机制加以概括,用逻辑推理方法,对概括后的水文现象进行数学模拟。随机性模型是对随机水文过程的描述,以随机时间系列作为模拟对象,借助计算技术把随机数学理论和实际的物理过程问题联系起来进行研究。随着系统科学的发展,模糊随机系统分析、灰色系统分析等方法也在环境水文研究中应用。

4) 物理模型与实验法。它是为了探讨水文现象物理过程并作出定量分析,而在野外或室内使用系统的、有控制的观测、试验方法进行深入研究。这种实验研究

可以对所要研究的对象进行原型观测或在实验场进行人工模型体的对比试验,也可以在实验室以几何和力学相似原理作出比尺模型去试验。

5) 地理综合相似类比法。根据一些要素,如气候、地貌、地形等区域性规律,可以研究受其影响的某些水文特征值地区分布规律,制作出等值线图或经验公式,用来对缺乏资料地区的水文特征值进行推求。也可以根据水体的特点及影响相似的情况,对影响结果进行类比分析。

以上这些方法,可根据条件进行采用,有时也可以多种方法同时使用,相辅相成,互为补充。

四、环境水文学的基本研究内容

随着社会的进步和人民生活水平的提高,水环境问题成为人们最关心的问题之一,本书从实际出发,以“从环境水文学学科的提出到环境水文学基础理论与计算方法确定,再到环境水文学具体机理探讨,最后为环境水文学在工程中的实际应用”的思路,阐述和探讨了环境对水体的污染、污染变化规律、人为改变环境的水文效应、水环境污染的数学模拟方法等问题,并简述了一些新的研究技术与方法。

全书共包括四篇:第一篇是导论,包括前三章,主要阐述了环境水文学的发展历程、水体污染的基础知识和污染变化规律,为全书作铺垫,有助于对环境水文学机理和变化规律的了解;第二篇从水文学角度出发,论述了环境变化下的水文情势,包括第四章至第七章,主要为城市化、工农业生产、水利工程设施建设和森林植被变化等影响水文情势的人类活动与水文变异的关系的阐述,解释了变化环境下的水文过程;第三篇从水环境角度出发,结合各种水体中的环境水文问题,运用数学模型方法,推导阐述了环境水文学中水环境方面的数学模拟与预测方法及理论,并举例介绍了水文学学科在工程上的一些具体应用;第四篇结合水文学最新发展的动态,介绍同位素等在环境水文中的应用。

第二章 水的特性与水体污染*

第一节 水的特性

水是人类生命之源,地球之所以能够繁衍生命和孕育人类文明,一个重要因素是地球上具有液态水。水也是地球上最普通、最常见的物质之一,不仅江、河、湖、海中含有水,各种生物体内也都含有水。每个水分子(H_2O)都是由一个氧原子和两个氢原子组成。水分子的键角 $\angle\text{HOH}$ 为 $104^\circ 31'$, $\text{H}-\text{O}$ 键的键长为 $0.9568\text{\AA}$,形成等腰三角形。因为氧原子对电子的吸引力比氢原子大得多, $\text{H}-\text{O}$ 键的共用电子对强烈地偏向氧原子,所以在氧原子一端显示出较强的负电荷作用,形成负极;相反,在氢原子一端显示出原子核的正电核作用,形成正极,使水分子具有极性结构。由于水分子具有极性,在自然界,水不完全是单水分子 H_2O ,而更多的情况下是水分子的聚合体。水分子的特殊组成使其具有一些奇异的物理、化学和生物特性,并对地球上的物质循环和动植物的生存有重要意义。

一、水的物理特性

(一) 水的热学和溶解性质

1. 热学性质

在元素周期表中,氧族元素的氧、硫、硒和碲的氢化物分别为 H_2O 、 H_2S 、 H_2Se 和 H_2Te ,它们的热学性质见表2-1。表2-2列举了水的物理常数的特点及其对环境 and 生物的重要意义。

表 2-1 周期表中氧族元素的氢氧化物的热学性质

化合物	分子质量	熔点/ $^\circ\text{C}$	融解热	沸点/ $^\circ\text{C}$	蒸发热	偶极距
H_2O	18	0.00	1.44	100	9.72	1.84
H_2S	34	-85.50	0.57	-60.30	4.46	1.10
H_2Se	81	-65.70	0.60	-41.30	4.62	0.40
H_2Te	130	-51.00	1.00	-2.20	5.55	<0.20

* 本章的第二、第三节主要参考了芮孝芳编写的《河流水质管理》讲义,1990年。