

环境水文 与城市雨洪

杨凯 袁雯 编著

气象出版社

环境水文与城市雨洪

杨凯 袁雯 编著

气象出版社

(京)新登字 046 号

内 容 提 要

本书论述环境水文的发展背景和研究动态,着重阐述了城市化、工业化、大型水利工程及森林等的环境水文效应;也阐述了水污染的发生过程、污染物在水体中的迁移转化规律、水质模拟预测及水环境质量评价方法。

本书内容丰富,取材新颖,并有多处实例分析,可供水文水利、市政规划、环保、地理、气象等部门的工作人员及有关大专院校师生阅读参考。

环境水文与城市雨洪

杨凯 袁雯 编著

责任编辑:庞金波 终审:周诗健

封面设计:严瑞仲 责任技编:吴庭芳 责任校对:吕影

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书经销

* * *

开本:787×1092 1/32 印张:3.875 字数:83千字

1993年11月第一版 1993年11月第一次印刷

印数:1 1000 定价:3.10元

ISBN 7-5029-1374-2/P·0597

前 言

水既是一种不可替代的资源,也是一种环境中最为活跃的组成要素。由于水在自然环境和社会经济环境中的重要作用,由联合国教科文组织在1965年倡导的国际水文十年(IHD)及后续的“国际水文计划”(IHP),都把人类活动对水文情势的影响作为重要课题进行研究。其内容涉及到城市化、工业化、土地利用及水利工程建设等诸多方面对原有水文情势的影响。因此环境变化与水文循环的相互作用,特别是人类活动引起的环境变化对水文情势的影响,已越来越成为水文学的重要研究内容。随着我国城市化进程和工业化进程的迅速发展,随着人民物质文化生活水平的提高及环境意识的不断增强,我国的水利工程建设除传统的农业水利外,将结合供水、排水、污水治理等市政建设不断增加城市水利和环境水利的内容。因此环境水文将是一个新的发展方向。

环境水文研究涉及的面较广,综合性较强。本书力求将理论与实践相结合、宏观与微观相结合,着重从宏观角度阐述城市化、工业化、大型水利工程及土地利用等对原有水文情势及生态环境的影响;从微观角度阐述水体污染过程的机理、污染物在水体中的迁移转化规律及水文要素对这一过程的影响;阐述水质模拟预测及水环境质量评价方法。

作者在编写过程中参考了许多国内外文献,并引用了部分有关资料,在此向有关文献资料的原作者谨表谢忱。

限于作者的水平 and 见识,错误难免,对书中不妥之处,真诚希望得到读者的批评指正。

作者

1993年2月于上海

Yan J. Shi

目 录

前言

第一章 人类活动与水环境	(1)
第一节 水资源与水文学	(1)
第二节 人类活动对水文情势影响概述	(8)
第二章 城市化与水环境	(12)
第一节 城市水文及其发展背景	(12)
第二节 城市化的水文效应	(13)
第三节 城市水文问题	(21)
第四节 城市洪涝灾害	(25)
第五节 城市防洪及计算	(34)
第三章 森林与水环境	(44)
第一节 森林——自然环境的调节器	(44)
第二节 森林的水文效应	(46)
第四章 水利工程与水环境	(51)
第一节 水利工程的作用效益及发展建设	(51)
第二节 水利工程对环境的影响	(58)
第三节 国内外一些水利工程对环境的影响分析	(65)
第五章 水体污染与水环境质量评价	(72)
第一节 水体污染的原因与主要污染物质	(72)
第二节 污染物在水体中的迁移扩散	(79)
第三节 河流水质模型	(87)
第四节 水体环境质量评价	(105)
参考文献	(117)

第一章 人类活动与水环境

第一节 水资源与水文学

一、水资源——当今世界普遍关注的社会性问题

(一)水资源的涵义

水资源有两方面的涵义,广义的水资源是指地球上所有形式的水体;狭义的水资源则是指与人们生产和生活关系密切,而且逐年可以得到恢复和更新,在较长时间内又可以保持动态平衡的淡水量。由于狭义所指的这部分水资源可以为人类较好地利用,也是目前水资源研究的主体,因此我们通常所指的水资源即是这部分水资源,一般以多年平均径流量来进行度量。

(二)水资源的特点

水资源不同于土地、矿藏等资源,它随时间、空间而变化,是一种可更新的动态资源。因此,在开发利用水资源时必须把握其本身的一些特点。

1. 可恢复性和有限性

水以相态转换及摄释热量的形式,在大气圈、岩石圈、生物圈的参与下,保持着数量和能量的循环与平衡运动,正是这种水分循环使得地球上各种水体都处于不断更替和自身净化之中。水的这种及时恢复更替及通过水循环在河流中川流不息的运动,就构成了水资源消耗、补给之间的循环性和水资源的可恢复性特点。于是人们常常习惯地认为水是廉价的,到处

可取的,其实这是一种误解。

水资源的循环性是有限的,但在一定的时间、空间范围内,大气降水对水资源的补给却是有限的,为了保护自然环境、维护生态平衡,一般不宜动用经过漫长的地质时期才储存下来的地表及地下静态水量,故多年平均利用量不能超过多年平均补给量。水循环过程的无限性和补给水量的有限性,决定了水资源在一定数量限度内才是取之不尽、用之不竭的。

2. 资源和环境的两重性

水具有鲜明的两重性,它既是一种资源,也是一种环境组成要素。水是自然界中最活跃的环境因子之一,水同其它环境要素的相互作用,在很大程度上决定着环境的动态和质量。因此在开发利用水资源的同时,切勿忽视它的环境属性,否则一旦水体遭到污染,不仅影响到整个环境质量,危害人体健康,也使水资源的利用价值降低。

3. 水利和水患的两重性

由于水资源的时空分布不均匀,往往与人们对水的需求不相适应,有的地区雨多集中,可能造成洪涝灾害,有的地区则雨少流小,可能造成干旱。这种供需的矛盾,要靠修建各种水利工程人为进行调节控制才能达到合理的利用。水具有造福于人类和遗祸于人类的两重性,因此要深刻认识水利与水患的辩证关系,尊重这种客观规律,增强水患和防灾意识,化水害为水利。

4. 不可替代性

水资源既是生活资料又是生产资料,各行各业都离不开水。水又是一切生物赖以生存的基本条件,它在满足社会环境需要及维持生命等方面都是不能缺少和无可替代的重要物质。

(三) 我国水资源的基本特点

我国地广、人多、人均资源少、地域差异大。水资源的状况也基本如此。我国多年平均径流量比较丰富,为近 27000 亿立方米,仅次于巴西、独联体、加拿大、美国和印尼,居世界第 6 位;但人均、亩均占有量就明显低于世界平均水平,分别仅为世界人均、亩均占有量的 25% 和 76%。我国水资源在时空分布上很不均匀,在地域分布上,南多北少,相差悬殊,与我国人口、耕地、能源的分布不相适应;在时间分布上,水资源的年内、年际变化较大,这就往往与人们的需求产生一定的矛盾,要靠修建各种水利工程来对天然水资源进行时空再分配,才能满足生产和生活的需求。因此,供使用的水在某种意义上已带有一种加工产品的性质,从而具有价值,应该十分注意珍惜。

(四) 水资源问题的社会性、特殊性和综合性

水既是资源,又是环境组成要素,这就决定了水的各种自然、经济和社会属性。随着工农业生产的发展,人口的增加及人民生活水平的提高,各方面对水资源的需求和冲击将不断加剧,随着用水量的激增及随之而来的污水排放量的增加,水资源的供需矛盾将日趋突出,因此合理有效地开发利用水资源,尤其是如何解决城市地区的工矿企业用水及城市生活用水,解决城市地区的防洪防涝问题,已成为一个关系到地区社会经济发展全局的重要战略问题。

在 80 年代,我国已有近 200 个城市缺水,影响产值 600—800 亿元;农田受旱面积平均每年 3.5 亿亩,成灾 1.6 亿亩,缺水 300—400 亿立方米。缺水严重的地区主要在华北、西北和若干沿海开放城市,水已成为我国经济发展的重要制约因素。造成我国水资源紧张的主要原因有:水土资源的组合

不平衡,水资源的年内、年际变化较大,各项用水量增加过猛,产业结构布局与区域水资源储量失调,另外,水质污染较重,水资源统一管理的体制尚未建立也不利于对水资源的统一规划、调配、利用和保护。

早在 50 年代,陈云同志就曾指出:“一切建设都要从我国水资源的实际情况出发”,把水资源问题提到一个很高的角度来看待。进入 90 年代,陈云同志又指出:“水的问题始终是个大问题。要从战略高度来认识水的问题的严重性,各级领导部门,尤其是经济、科技领导部门,应该把计划用水、节约用水、治理污水和开发新水源放在不次于粮食、能源的重要位置上,并列入长远规划、五年计划和年度计划加以实施,以逐步扭转目前水资源危机的严重状况。”江泽民同志也指出:“在考虑‘八五’计划时,得认真研究水的问题,人无远虑,必有近忧,是应该未雨绸缪。”

二、现代水文学的发展方向

(一)水文现象的基本特点

1. 水文现象具有周期性与随机性

(1)周期性。由于决定水文现象的天体运动和气候条件有以日、月、年及多年为周期的变化,因此水文现象也相应具有明显的周期性变化。

(2)随机性。影响水文现象的因素很多,由于各因素本身多变化以及它们之间的组合随时间而不同,因此水文现象的变化规律极为复杂,它们在时间上和数量上的变化过程不会完全重复出现。

2. 水文现象在区域上具有相似性与差异性

不同地区的水体,因受区域气候、地质地貌、土壤植被等方面的影响,其水分条件是不相同的,水文现象明显受地区的

影响。

(1)区域相似性。若不同流域所处的地理位置相似,气候与下垫面条件相似,其产生的水文现象则在一定程度上表现出一定的相似性。

(2)区域差异性。不同流域由于自然条件不同或者地理位置、气候条件相似,但下垫面条件不同,会产生不同的水文变化规律,这就是水文现象的区域差异性。

水圈是地球环境各圈中相互贯穿渗透最积极最活跃的参与者,水文现象及其变化极为活跃,因此水文现象在自然地理环境的研究中有重要意义。

(二)现代水文学的发展方向

水文学是研究地球上各种水体的一门科学,它研究各种水体的存在、循环和分布,探讨水体的物理和化学特性以及它们对环境和生物的作用。现代水文学的研究,一般可以归纳为三个方向^[1]。

1. 地理方向

主要把水作为地理环境的一个因素,研究其时间和空间的变化规律,研究水与地理环境之间的关系,即着重于研究宏观方面的水文变化规律。

2. 地球物理方向

主要用物理数学模型,从事水文现象的物理过程与动力变化规律研究,即着重研究微观方面的水运动机制。

3. 工程方向

着重于为各种与水有关的水利、交通、城镇及工矿建设工程,提供规划、设计、施工及运行管理等方面所需要的水文资料,直接为工程服务。其研究内容主要为水文计算和水文预报。

这三个方向是并存的,都是现代水文学理论发展和实际研究所必需,这三个方向也是研究的三种途径,它们虽然各有独立性、但在现代水资源问题综合性的要求下,彼此又保持着日趋紧密的联系。

三、水资源水文学的新阶段

传统的水文学是纯自然科学,而水作为人类生产和生活必不可少的自然资源为人类所利用,必然与人类活动密切相关。随着人口的增长和经济的迅速发展,现代水资源问题日趋突出,水资源问题的研究也愈来愈成为国家和公众普遍关心的社会性问题。在这种情况下,水文学的研究内容,由原来只限于研究水在自然界的循环、平衡与变化,扩展到同时研究水在自然界和人类社会中共、需、排等的综合关系,传统的水文学便由此进入了水资源水文学的新阶段。

由联合国教科文组织在 1965 年倡导的“国际水文十年(IHD,1965—1974)”可以看作是水资源水文学的开端。作为“国际水文十年”的继续,从 1975 年开始执行国际水文计划(IHP),到 1989 年底完成第三期计划(IHP—Ⅲ),已走过 25 年的历程。国际水文计划第四阶段(IHP—Ⅳ,1990—1995)取名为“变化环境中的水文学及可承受开发的水资源”⁽²⁾,已经联合国教科文组织第 25 届大会(1989 年 10 月—11 月,巴黎)批准,于 1990 年开始执行。该计划的总目标是:为合理开发和管理水资源而发展水文科学、改进水文教育及培训方法。但是突出强调供可承受开发的水资源管理及水文要素要适应预期的气候和环境变迁。该计划的主题思想:①开发水资源而不致使其遭到破坏——可承受的开发;②研究变迁的环境中的水文问题;③水文科学为合理管理水资源服务。

总之,在洪水与干旱等自然灾害的预报,在水利工程的最

佳规划设计,在流域的开发管理,在增加农业生产、控制沙漠化、控制水污染等诸多社会需要方面,水文科学和技术正得以广泛的应用,因此水文科学的研究范围正在日益扩大。

四、环境水文及其主要研究内容

由于水在自然环境和社会环境中的重要作用,从1965年开始执行的“国际水文十年”及其后续的“国际水文计划”,都把人类活动对水文情势的影响作为重要课题进行研究,其内容涉及到城市化、工业化、土地利用、建设项目及水利工程等方面对水文情势及生态环境的影响,因此环境变化与水文循环的相互作用,特别是人类活动引起的环境变化对水文情势的影响,已越来越成为水文学的重要研究内容。从这个角度来讲,环境水文的研究将是一个新的课题,它主要研究人类活动对水文情势的影响及其与环境的相互作用,因此环境水文是水文科学与环境科学、地理科学等学科之间相互结合、相互渗透而形成的一门边缘学科,其涉及的面较广,研究的综合性也很强。

环境水文的主要研究内容有以下两方面:

第一,从宏观的角度来讲,研究人类活动对水体环境和生态环境的影响。以兴建水利工程为例,水库的修建必然会改变坝址上下游河道的来水来沙情势,这些水文情势的改变对坝址上游环境可能产生的影响是:库区周围地下水位升高,库区内泥沙淤积及库内由于水温分布的改变而影响水生生态环境等。总之通过研究,以期找出人类活动对水体环境和生态环境影响的定性或定量规律,以便对已建工程进行回顾性评价,对在建工程进行现状评价,对拟建工程进行影响评价。

第二,从微观的角度来讲,研究水体污染作用过程的机理及水文要素对这一过程的影响。污染物进入水体后的迁移、稀

释和转化过程,是通过污染物与水体之间所发生的各种物理、化学和生物的反应等来实现的。这一方面与污染物质本身的理化特性有关,另一方面也与承受水体的环境背景和水体的水文情势密切相关。研究污染物在水中的迁移、稀释和转化规律,对了解水体的污染程度,建立水体污染数学模型,确定水环境容量,进而对排污进行优化管理,都具有重要的理论和实践意义。

我国在环境水文方面开展过许多工作,如:

(1)在水土保持实验站和部分径流实验站上,对于在不同的植被和不同的土地利用情况下,对水土流失和产汇流过程所产生的不同影响进行了大量的对比研究。

(2)从70年代开始进行水质污染监测,调查评价和水质模拟及预测。

(3)进入80年代,水利部门会同环境保护部门开展了水利工程的环境影响评价工作,这其中环境水文是重点内容。

(4)正在进行流域水源保护规划(包括水质规划),其中将含有大量的环境水文内容。

第二节 人类活动对水文情势影响概述

一、不断加速的城市化进程和人口增长

城市化进程的特征是加速城市的发展,使人口密度增加,工业高度集中且发展迅速。这一方面使得城市居民耗水量、工业用水量和城市公共、文化及服务事业的用水量大幅度增加,另一方面也使城市排出的污、废水量相应增加,这样不仅加剧了城市地区水资源的供需矛盾,而且污染城区及下游的水体,使水质恶化。

大中城市为解决水源供给不足,常大量开采地下水,结果

引起城市地区及周围地下水位的较大幅度下降,如果不采取人工回灌等相应的防护措施,则会引起城区地面下沉,造成建筑物的破坏和地下管道的破裂,严重影响市政建设。

随着城市规模的不断扩大,城区建筑物密度和地面不透水面积将大大增加,而且城市地区由于具备良好的管道排水条件,这就使得城市地区地表径流的汇集速度加快,下渗量减少,地表蒸发量减少,因而地表径流系数增大,对地下水的补给减少。这些水文情势的变化改变了城市地区的局部水分循环。城市化地区径流汇集快且地表径流量增大,使得城区一些排水不畅的低洼地区和城市下游地区易造成积水和洪涝灾害,它将导致这些地区交通中断、房屋进水、工厂停工等,严重影响城市的正常秩序。如上海市每年由于暴雨地面积水而造成的损失,单保险公司的赔款就在数百万元以上。

二、工业化与水污染

随着城市经济的发展,人口集中、工业化程度高的城市地区下游水体常常会被污染,其污染的来源是:城市工业废水和生活污水,城郊施用的农用化肥和农药,还有受污染的大气降水所形成的地表径流和地下径流。

水量和水质均是水资源的重要组成部分,因此水质污染不仅使水质恶化,也使水资源的可利用性降低。上海黄浦江的支流——苏州河,在1911—1924年曾作为闸北水厂的供水水源,后因工业发展,污染严重而被迫迁厂,现在苏州河已沦为一条仅具有纳污、排水和航运功能的黑臭水浜。再如黄浦江干流段中的杨浦水厂至南市水厂区间因水质污染严重,不得不投资10亿元进行取水口上移工程的建设。因此城市地区要特别防止因水质污染问题而引起的水源危机。

英国的泰晤士河流经拥有一千多万人口的工业区,18世

纪时,这里曾是闻名英国的鲑鱼产地,但从 19 世纪初,随着英国产业革命及工业的迅速发展,河流两岸纷纷建起了各类工厂,从此泰晤士河水质每况愈下,1850 年以后水生生物基本绝迹。二战期间由于大批下水道和污水处理厂遭到破坏,使水质污染问题变得更为严重。市政当局从本世纪 50 年代开始着手进行积极治理;具体措施有⁽⁴⁾:①严格规定各工厂废水必须达标排放;②修建大型污水处理厂对城区生活污水和工厂废水进行理化和生物等处理后,再排入泰晤士河;③在泰晤士河中安放大型充氧设备,以增加河流中的溶解氧。经过一系列的治理,到 1969 年在泰晤士河的局部河段已重新有鱼群出现;1974 年以后,泰晤士河在整整一个世纪里,破天荒地第一次出现了鲑鱼(污染对鲑鱼是致命的)。泰晤士河水质变清后,鸟类也开始回归,现在泰晤士河已被列为世界上重要的水鸟栖息地。曾经与臭水浜相差无几的泰晤士河,如今奇迹般的复苏,轰动了世界环保界。这个事例表明:污染容易,恢复难。环境被污染破坏后再恢复到原先的状态,要付出巨大的努力和代价。

三、土地利用和农业措施

水、土、气、森林是自然生态系统的重要组成部分,它们相互依存,相互作用,因此土地利用状况对自然界的水分循环及水资源的合理利用都有一定的影响。

森林植被具有诸多的水文气象效益,植被能阻滞和延迟地表径流,增加下渗量;粗糙的林冠有阻滞气流的作用,使气流的上升运动加强,降水量增加;植被也有防止水土流失的良好作用,可以蓄水、保水、保土。因此大面积砍伐森林和开垦林地会给环境带来一系列不利影响,如气候恶化、土壤侵蚀、水灾增加、荒漠延伸等。

农业用水量主要用于灌溉,灌溉对水文循环各环节都有一定的影响。灌溉通过增加土壤含水量而使降雨入渗量减小,使径流系数增大,灌溉也可能使灌区和邻近地区地下水位升高,引起土壤盐渍化。另一种值得注意的现象是利用污水灌溉,污水中含有的氮、磷、钾等元素虽然对农田有利,但污水中尤其是工业废水中的一些重金属元素以及其它一些不能被生物降解的有机物就会累积在土壤里,污染土壤,同时通过水流的作用在水循环过程中再进入水体,进而污染水质。

四、水利工程的建设

水利工程,尤其是水库大坝的修建,改变了河流的水文条件及天然来水过程,引起水循环过程、水量平衡各要素、水质状况及当地动植物条件等的变化,从而打破了原有生态环境的动态平衡。另外,水库蓄水运转将对淹没区的人口迁移、文物古迹、交通运输及库区周围的社会经济结构产生深远的影响。因此,修建水利工程固然对环境带来诸多有利影响和综合效益,但它同时也有不利影响。所以在兴建水利工程时,不仅要有工程观点、经济观点,还要有生态环境观点,以趋利避害。

总之,人类活动对水文情势及生态环境的影响是复杂的和多方面的,有积极的有益的影响,也有消极的不利的影响,要尽可能扩大积极影响,减免或消除不利影响,这也是环境水文研究的重要目的之一。

第二章 城市化与水环境

第一节 城市水文及其发展背景

人口和工商业向城市地区集中,致使城市区域不断扩张的过程,称为“城市化”(Urbanization)。城市化代表了当今社会的发展趋势,现在全世界约有 50% 的人口集中居住在仅占大陆面积 5% 的城市范围之内。城市化过程是彻底的对自然环境的改造过程,表现在城市化地区的土地利用状况与农村地区(非城市化)相比发生了本质的变化,由此引起了城市地区的原有水文情势发生一系列变化,产生了排水、防洪、水体污染等许多急待研究和解决的城市水文问题。故 L. B. Leopold(1968)指出:“……所有土地利用的变化都会影响一个地区的水文状况,其中,城市化影响最为强烈。”

城市水文一般指城市地区的水文学,它是在流域水文的背景上经城市化后,在人类活动及人为环境的影响下所形成的一种局地水文,着重水文过程的城市化影响。由于它主要研究城市地区的人类活动及人为环境对水所产生的种种影响,因此从这个意义上来讲,城市水文又是一门环境水文学科。

城市水文由来已久,只是随着时间的推移及生产力的发展,城市水文不断面临新的问题并赋之以新的内容。以我国为例,古往今来,我国城市的建设都十分重视城市的供水、排水及防洪,并形成有民族特色的城建格局。如我国古代城市一般既有一组坚固的城墙作为挡洪屏障,又有一套较为完整的护