

环境水利学导论

方子云 邹家祥 吴贻名 编著



中国环境科学出版社

(京)新登字089号

内 容 简 介

环境水利学是研究水利与环境的关系,以促进水利工程发挥更大的改善环境的作用,并尽量减轻工程对环境产生的不利影响的新学科。80年代以来,该学科在我国迅速发展,理论不断创新和提高。本书分为六章,分别从环境水利学的产生和发展、流域开发的生态问题、水资源保护、水资源工程环境影响评价、流域(区域)环境水利规划、水资源工程改善生态环境的作用介绍环境水利学这门学科及发展状况。

本书可供水利工作人员、环境保护工作者以及有关大专院校师生阅读参考。

环境水利学导论

方子云 邹家祥 吴贻名 编著
责任编辑 顾 莉

*

中国环境科学出版社出版
北京崇文区北岗子街8号
北京市燕山联营印刷厂印刷

新华书店总店科技发行发行 各地新华书店经售

*

1994年5月第 一 版 开本 850×1168 1/32
1994年5月第一次印刷 印张 85/8
印数 15.00 字数 230千字

ISBN 7-80093-462-4/X·775

定价 9.00 元

前 言

环境是人类生存的基本条件，是社会经济持续稳定发展的物质基础。兴建水利水电工程对改造自然、合理利用资源具有巨大的作用和效益，但是，它对环境也会带来不同程度的影响。环境水利学就是研究水利与环境的关系，以促进水利工程发挥更大的改善环境的作用，并尽量减免工程对环境产生的不利影响的新学科。它是水利科学与环境科学相互结合、相互渗透的边缘科学。在生产实践中，它指导人们研究水利问题时，不仅要运用传统的水利科学理论知识，还要运用生态与环境科学的理论知识，更加合理地综合考虑水利工程对环境的正负影响，使水利工程发挥更大的效益，对水资源的开发、利用、保护和管理作出正确的决策。

当代社会，水环境污染日益威胁着人类健康与生存。为了有效地控制污染，不仅要从环境科学角度提出措施，而且要从水利工程角度采取对策，共同组成一个污染控制系统，这样就比单纯采用环境保护措施费小效宏。如此等等，这些都是环境水利学研究的重要内容。所以，环境水利学是从生产实践中的需要产生的，又是随着科学技术进步而不断发展的。80年代以来，环境水利在我国发展迅速，这一学科的理论也在不断创新和提高。尽管它如同任何新兴科学一样还不十分成熟，有些问题尚待探索，但它将不断充实提高，日臻完善。

本书是在长江生态科学院和湖北省水利学会环境水利专业委员会组织支持下完成和出版的。

本书由方子云主编。书中第一、二、四、五、六章由方子云、邹家祥执笔，第三章由吴贻名执笔。本书曾作为武汉水利电力学院教材使用，这次编写作了较大增补修订，引用了近年国内

外大量研究成果。在编写过程中，曾经冯尚友、梁在潮、田九昌、陈中民同志审阅，并提出宝贵意见，谨此致谢。由于水平有限，书中不足之处，敬请读者指正。

编著者

1992年10月于武汉

目 录

第一章 环境水利学的产生和发展	(1)
第一节 环境水利学研究的内容和任务	(1)
第二节 我国环境水利的主要问题及研究现状	(3)
第三节 世界水资源与环境研究	(10)
第四节 环境水利学的研究展望	(18)
第二章 流域开发的生态问题	(23)
第一节 生态系统和生态平衡	(23)
第二节 生态系统方法的应用和发展	(27)
第三节 流域开发函数的概念及应用	(32)
第四节 系统分析在生态学中的应用	(34)
第五节 水资源开发中的生态问题举例	(41)
第三章 水资源保护	(47)
第一节 水体污染特点与我国河流污染概况	(48)
第二节 水体污染源	(55)
第三节 水质监测与评价	(63)
第四节 水质数学模型与环境容量	(69)
第五节 水资源保护规划与管理	(91)
第四章 水资源工程环境影响评价	(104)
第一节 环境影响评价的发展与影响分类	(104)
第二节 水资源工程对生态与环境的影响	(111)
第三节 水资源工程环境影响的预测和评价	(126)
第四节 水资源工程环境影响评价方法	(134)
第五节 环境影响报告书	(162)
第五章 流域(区域)环境水利规划	(172)
第一节 规划原则	(172)
第二节 规划的主要目标和任务	(173)
第三节 环境水利规划方案比、选方法	(179)

第四节	流域水资源系统开发环境影响评价	(181)
第五节	环境水利新动向——流域战略问题	(185)
第六节	流域规划实例	(196)
第六章	水资源工程改善生态环境的作用	(225)
第一节	河流开发与污染防治	(225)
第二节	多目标水库的水质费用分摊	(231)
第三节	水利工程改善环境的调度	(238)
第四节	环境用水	(247)

第一章 环境水利学的产生和发展

第一节 环境水利学研究的内容和任务

环境水利学科首先是由中国提出的。这一学科的建立是现代科技发展的需要，也是国内外水利生产实践经验的总结。

1. 环境水利是随着水利工程规模不断扩大，新的理论不断发展而产生的新学科

从水利工程的历史看，无论其开端于防洪，还是航运、灌溉，都可以认为是以改善环境，促进生产为使命的。随着生产的发展，近代水利工程的规模不断扩大，大坝愈建愈高，库容愈来愈大，从单一水库到梯级开发，从单一河流的开发到跨流域调水等等。这对自然环境的冲击大大超越了从前的范围，超越了自然界动态平衡的恢复能力，从而在某些方面导致了环境恶化，受到自然的报复。在过去的10~15年中，国际水利界已经认识到大中型水利工程，如水库工程、灌溉工程，对生态环境会产生影响。有些工程因为事先没有研究预测建成后对环境产生不利影响，以致完工后不能运转，必须采取补救措施和对策后才能运行，甚至有的工程不得不报废。

2. 环境水利是治水思想的发展

水资源系统规划设计思想，从单目标开发到多目标开发，从只考虑水量到水量和水质并重，从只考虑人类社会活动用水到同时考虑社会活动用水与自然安全用水。水资源系统规划设计把环境规划（环境影响评价）作为规划的重要组成部分，同时考虑技

术指标、经济指标和环境指标比选方案演进过程。这表明在实践中，环境水利学已成为指导工作的科学理论。

3. 中国《水法》制定了有关环境水利的若干规定

在《水法》总则中明确规定要保护水资源，要加强水污染防治工作，保护和改善水质。在“用水管理”中规定了调蓄径流和分配水量，应当兼顾上下游和左右岸用水、航运、竹木流放、渔业和保护生态环境的需要。在“开发利用”中规定了建设水力发电站，应当保护生态环境，兼顾防洪、供水、灌溉、航运、竹木流放和渔业等方面的需要；又规定了兴建跨流域引水工程，必须进行全规划科学论证，统筹兼顾引出和引入流域的用水需求，防止对生态环境的不利影响。《水法》中还有其他有关环境水利的相应规定。可见，通过总结过去水利水电工作正反面的经验教训，做好环境水利工作已提到了议事日程。

1982年的第四次世界水资源大会，对中国专家提出的《中国的环境水利工作》论文，给予了极高评价，并将该文选登在国际水资源协会主办的《水国际》刊物上（1987年3月）。关于环境水利与环境水利学的英文定名也完全引用了中国提出的Environmental Hydraulic Engineering和Environmental Hydro-Science等词。由此可见，中国提出的环境水利已引起了国际水资源学者的高度重视。

环境水利学确切的定义尚待不断完善，该学科正在发展成为一门新兴的独立的学科。环境水利学主要是在传统水利学科的战略、规划、政策、运行等科学技术基础上，与环境科学相互交叉而产生的边缘学科，它是运用水环境化学、环境水文学、环境水力学、环境水生生物学、模拟模型科学、生态学、环境经济学和环境系统工程等学科理论协同研究环境水利问题而发展起来的，并逐步形成了全面系统的科学体系。因此，环境水利学主要是研究水利与环境的相互关系，以促进水利工程发挥更大的改善环境作用，并尽量减免工程对环境产生的不利影响。它既研究水利开发

带来的环境问题，也研究由于环境变化对兴修水利提出的新任务与新要求，是水利科学与环境科学密切结合、相互渗透的新学科，也是传统的水利学科的发展和深化。它具有多学科、跨部门、综合性和边缘性强的特点。

创建这一学科，是希望水利工作者开拓思路，吸取环境科学的新理论，为传统的水利科学增添新的内容。要求兴建水利工程既要有工程观点、经济观点，还要有生态观点；既要有经济效益、社会效益，还要有环境效益。水利工程是改造自然的宏伟工程，但对资源不能乱开滥用，不应造成环境的恶化。

环境水利学的主要任务是：

- (1) 研究保护和合理利用水资源及水环境问题；
- (2) 研究兴建水利工程而引起的环境影响和对策；
- (3) 研究流域、区域环境水利的战略、规划和措施；
- (4) 研究发挥水利工程改善水质、保护环境和促进生态系统良性循环的作用；
- (5) 研究与有关学科的关系，丰富和发展环境水利学科的理论，并使它在生产实践中日臻完善。

第二节 我国环境水利的主要问题及研究现状

一、环境水利的主要问题

建国以来，我国工农业有了很大的发展，人民的生活水平有了很大的提高。由于工农业的发展和人口的迅速增加，需水量增加，污水排放量也增加了。目前我国广大城乡的生产和人民生活中，每天大约形成1亿t污水，其中大部分未经处理就直接排放。全国主要江、河、湖、库都已受到不同程度的污染。许多城市的地下水也已被污染，其中有害物质含量已超过饮用水的标准。与此同时，国民经济各部门对水资源的需要进一步加大，供需矛盾

日益尖锐，使用不合理的现象日益突出。目前我国平均每年利用地上和地下水量约4700亿 m^3 ，开发利用率为17%（苏联27%，美国34%）。

随着工农业的发展，我国的水利建设取得了很大成就。至80年代中期，全国建成水库82900余座，总库容约4504亿 m^3 （为地表径流的1/6），水闸约26319座，江河湖海堤防20万 km ，机电排灌站6437万 kW ，机电井252万眼，灌溉面积7.2亿多亩。这些水利工程从防御洪涝旱碱等自然灾害来说，是对环境极大的改善，这是主导方面；但是，兴修水利工程不当也引起局部的冲刷、淤积、地下水位升降、土地淹没、次生盐碱化、沼泽化、诱发地震、气候变化、生态改变、疾病传播以及阻鱼、碍航等环境问题。这不仅影响水利工程效益的发挥，还给国民经济和人民生活带来影响。

当前我国的水利工作面临着较为突出的新问题：①已经或将要开发利用的水资源的水质受到一定程度的污染，有的甚至是严重的污染。②兴修的水利工程设施，在发挥效益的同时，也改变了环境，带来了生态环境方面的问题。这就要求水利工作者要用新的学科——环境水利学指导开发、利用、保护和管理水资源。

环境水利面临的主要问题主要有以下方面：

（1）工业“三废”、生活污水的任意排放，农业大量施用农药、化肥，都使水质受到污染，影响了水利设施为工农业和城市生活供水的水质。

（2）毁林开荒、造成水土流失，增加了河流含沙量，使河床、水库淤积加剧。

（3）围湖造田、填塘种粮，降低了天然湖泊的调蓄能力，缩小了水产面积。

（4）流域治理在防洪、供水、灌溉、发电等方面发挥了很大效益，但是也相应带来了种种环境水利问题。例如海河、滦河和辽河的治理，使补给渤海湾的淡水由每年约200亿 m^3 减少到约100亿 m^3 。海河流域的大清河南支上游修了不少水库，使进入白洋淀的水量减少。白洋淀出口建闸，有了控制，水量基本不下泄。

(5) 修建水库可以多目标开发、综合利用水资源,但是也出现了不少环境问题。例如,黄河素以多沙著称,平均年输沙量16亿 m^3 ,三门峡控制了全流域泥沙的92%。1960年9月蓄水后库区淤积严重,水库上游潼关段河床抬高,库区两岸土地浸没、盐碱、沼泽化面积增加,严重威胁着关中平原和西安市。后经改建和改变运用方式,情况才显著改善。

永定河官厅水库建成蓄水后,因泥沙淤积,总库容已减少5亿 m^3 ,库区周边也发生过浸没问题,使土地沼泽化,果树死亡,房屋倒塌。后经改变运用方式和做排水工程才得以解决。

浙江新安江电站投入运行后,由于运用失调,水位消落过度,1978年曾大大减少发电任务,以恢复正常水位,但由于下泄水量大减,一时形成杭州湾海水入侵,致使杭州市民饮用咸水一个多月。

广东新丰江水库兴建之前,当地并没有破坏性地震的记录,95年中仅发生过4次有感地震。自1959年蓄水后,库区地震频繁,并随库水位的升高而加剧,初步研究认为是水库蓄水导致地质构造应力重新调整,诱发了构造地震。1962年3月19日,库区曾发生震中震级为6.1级的强震。

(6) 堤防是广泛应用的防洪措施,但也会带来某些不利影响。南方大量圩垸工程的修建,降低了河湖调蓄洪水的能力,抬高了洪水位,增加了下游的洪水威胁,隔断了鱼类在河湖之间的天然洄游通道,不利于鱼类的生长繁殖。北方泥沙河道淤积,堤防越加越高,形成悬河,一旦决口,灾害比没有堤防更大。华北一些洼淀历史上就是自然滞洪区,过去一季小麦产量较高,修建堤防后,扩大耕地复种虽可多收一季,但也导致土地贫瘠化和丧失了洼淀原有滞洪能力。

(7) 拦河建闸控制了河道基流以资利用,但在非汛期往往使闸上游变成静水,对稀释闸下游排入河道的污水以及某些鱼类的洄游产卵都会带来不利影响,挡潮闸使海口淤积的问题相当普遍。

(8) 城市水利问题。随着城市人口增长和工业迅速发展,许多城市水资源短缺、水源受到污染的现象已很突出。山东济南是有名的“**泉城**”,历来吸引许多游人。由于近年来过度开采地下水,水位严重下降,不少名泉日趋枯竭,有的甚至遭到不同程度的污染。从60年代开始,上游黄浦江有的江段发生污染带,江水黑臭难闻,几乎每年都达数月之久。自1975年以来,每年冬春蚌埠市关蚌埠闸期间,河水变黑发臭,溶解氧下降到 1mg/L 以下,沿河人民不得不另找饮用水。其他许多城市也存在类似问题。

二、我国环境水利研究的现状

1. 水资源保护

我国水资源保护工作是逐步发展的。首先是进行污染源和水质调查、监测,再逐步开展评价、稀释自净规律研究、建立数学模式,污染源和水质污染预测,到综合防治规划和管理。水资源保护的指导思想和主要措施是:

重视基本数据的可靠性、合理性和可比性。把城市、河段污染防治规划与区域、流域污染防治规划结合进行,融为一体。

在治理上贯彻“节污水之源,开清水之流,搞活死水”和“以防为主,防治结合、综合治理”原则。

采取综合防治措施。把水利工程措施、污水处理措施和生物措施等有机的结合起来,进行污染物总量控制。运用系统工程理论,以投资小、效益大、见效快为目标。

对于排放方式,除采用自由泄流外,在有条件的水体还研究了深水喷口排放问题。

注意保护接纳水体的水质。一般将接纳水体水质控制在不低于水环境质量标准二、三级水的水质,并进行排放工程对接受水体的环境影响评价。

对于水质及污染源评价, 经过多种途径的研究, 倾向简明扼要, 以能反映主要污染源及主要污染物质的模式为主。除进行水质评价外, 还进行底质评价, 有的水体还进行了水生生物评价。

对水质数学模式, 分别情况, 采用一维、二维模式, 对于深水大河也正在探求采用三维模式。

现在全国污染严重的水体, 大都已分别完成防治规划, 全国七大流域都在结合流域规划的修正补充, 进行水资源保护规划工作。此外, 水质管理条例及跨流域引水的水质问题等也都在研究之中。

2. 单项工程与流域治理规划的环境影响评价

在单项工程环境影响评价方面, 我国对已建工程进行了回顾评价, 对在建工程进行了现状评价, 对拟建工程进行了预测评价。具体进展主要是:

(1) 单项工程对环境的影响评价工作在广度和深度上都有所提高。多因子评价从定性分析发展到运用数学模型计算量化。综合评价则由叙述分析向准定量化和定量化发展, 个别水库还设立了环境生态监测站。

(2) 由单项工程对环境的影响评价, 扩展到流域治理工程群对环境的影响评价。除了对几大河流研究流域规划方案的环境影响外, 还以广东东江流域已建工程群(三个水库)对环境的影响回顾评价为典型, 进行了重点研究, 提出了区域权重控制法和重点要素控制法。

(3) 开始研究跨流域调水对环境的影响评价, 如开展长江“南水北调”各线方案对引水区、引水渠道两岸和输入区的环境影响评价工作。

3. 流域、区域环境水利

(1) 研究流域战略问题是环境水利的新动向。江河流域是由多种资源组成的总体, 也是流域内生物与其生存环境构成的生

态系统，在这个生态系统中，人是主体。流域开发战略的制定必须考虑国家的需要，有利于经济发展、社会发展和环境质量的提高。

研究流域开发的战略问题必须抓住影响全局的问题和发展的需要。防治自然灾害，促使流域生态系统良性循环，合理分配和注意协调各部门、各地区的需水矛盾，保护水资源、土地资源，考虑远景发展的要求改变等。统一作好流域的水资源规划、土地利用规划和环境规划是战略性问题。一个流域的洪、涝、旱、碱灾害发生的频度和水土资源污染、流失、利用的情况，是流域开发战略思想正确与否的标志。因而只有研究了流域上、中、下游上述问题的情况，才能找出其应解决的重点，制定水土资源控制、利用的方向。

(2) 许多城市都存在不同程度的城市环境水利问题。它们存在的问题，虽各不相同，但一般都具有城市防洪、城市水资源短缺和城市水环境污染等问题。现在主要江河沿岸的大中城市都在设法提高防洪标准。提高防治标准，除加强防洪措施外，城市河道和河岸清障是一个重要方面。力求防洪达到50年一遇的标准。对于解决城市水资源短缺及防治水环境污染问题，都在从战略高度和区域环境水利规划管理上着手。例如，对乌鲁木齐市的环境水利进行咨询，提出了处理方案，得到有关领导重视。对杭州市环境水利也进行了咨询，由于该水网地区稀释自净能力小，提出了处理污染源和考虑钱塘江引水，并把运河杭州段和西湖以及市区的东河、中河等治理问题统一研究，综合防治，统一调度等建议。

(3) 水网农业地区由于联圩并圩，把许多周围有河道的小圩区并成一个大的圩区后，河道虽减少了，但是对污染物稀释自净能力和供水能力也都相应地减小了，以致联圩后的圩区供水、排污都成了问题，有的新圩区污染严重急待解决，所以除了城市环境水利问题，又产生了新的圩区环境水利问题。

4. 发挥水利工程改善水质、保护环境、维护生态平衡的作用

水利工程应是环境工程大系统的一个子系统。这个观点逐渐得到发展和应用。例如：

(1) 在水量分配和水库库容分配上除满足工农业生产和生活要求外，还研究了满足环境的用水要求和保留必要的库容。

关于环境用水问题已从环境用水分类、环境用水要求、满足环境用水的措施及其计算和环境用水的经济比较等四个方面进行了研究。

(2) 发挥水库改善环境的调度作用。利用水库调度改善环境是水利工程大有可为的一个方面。长江三峡水库在综合利用调度中已在研究进一步改善上、中、下游及河口生态环境的调度问题。为改善第二松花江水质，丰满水库、白山水库已在研究联合运转的库容分配与调度方式，并研究丰满水库最小下泄流量问题。广西漓江为枯季旅游，已研究了补水方案。广东东江流域控制性水库，已提出了调整功能，增加枯水流量的建设，这些研究和建设，在经济建设中都有重要的意义。

广东佛山水道在50年代治理时，没有从长远着想，缺乏环境水利规划，实施后引起河水严重污染，经扩建沙口闸引水，提高稀释自净能力后，佛山市汾江污染得以改善。

此外，如杭州西湖和南京秦淮河等地区都分别利用水利工程引水、换水，使污染治理收到一定的效果。

5. 基础理论研究

(1) 水资源保护方面：水质数学模型、物理模型在水质研究方面的应用，水污染防治系统工程以及综合利用水库改善河流水污染的决策分析等方面均进行了一定的研究，取得大量成果，已应用于解决实际问题。

(2) 工程环境影响评价方面：运用单因子预测模型、综合

评价的系统分析法、权重确定法以及经济损益分析和对策研究等，不仅解决了工作实际中问题，而且在理论上也有新发展。

(3) 流域、区域环境水利方面：规划、管理的理论和方法的研究，水库库区移民环境容量的研究，流域、区域环境用水的研究等在不断探索和深化。

(4) 发挥水利工程改善环境的作用方面：进行了库容分配、水库调度、增加污染临界期的流量，利用泄水建筑物复氧提高水体自净能力，以及水利卫生、水库渔业等方面的理论研究。

第三节 世界水资源与环境研究

一、现在和将来的世界水资源问题

联合国全球环境监测系统自1976年开始，在59个国家设有450个监测站。虽然从资料看尚难仔细确定各国水资源变化的趋势，特别是在发展中国家。但是，从总体上看，还是可以确定需要解决的问题范围。

经济合作与发展组织的国家采取了执行法规，扩大废水二级和三级处理量以及减少未经处理或部分处理的废水流量等措施，从监测资料可以看出其结果。1970年以后这些国家河水的整体质量有所改进，其中以密西西比河和莱茵河特别明显。另外该组织的42条河流的监测资料表明铅、铬和铜的含量已降低，而过去这些物质的含量，在密西西比河10年就增加了一倍，莱茵河13年就会超过一倍，现在情况已大不相同。但现在中欧的许多河段由于城市化和农田径流引起的富营养化问题仍很严重，以致影响渔业生产和饮用水的质量。

在发展中国家，据不完全资料表明，河流和湖泊的水质变化很大。现在水污染在许多国家还在发展。印度70%的地表水已遭污染；中国78条监测的河流中，有54条已被未经处理的生活污水和

工业废水污染；马来西亚40条河流被生活和工业废水所污染，河流中鱼类和水生生物难以生存。

利用联合国全球环境监测系统的资料对未来进行的预测表明，全球有限的河流、湖泊和地下的淡水资源正在减少，影响了饮用、灌溉、工业和其他用途的供水，与此同时即使每人的耗水量不减少，每人所得水的水质也将可能迅速降低。世界卫生组织和联合国环境规划署最近研究比较了河流水量与人口增长的关系，认为在下一个十年任一地方可得的水量都将下降，特别是在非洲和亚洲。如把这一预测延伸到2000年，欧洲可得的水量减少很小；但在亚洲，由于人口增加，人均水量只有欧洲今日人均水量的一半或更少；非洲则可能降到目前欧洲人均水量的水平，而在干旱地区缺水将十分严重。根据以上预测，建议在90年代最好维持现在的供水水平，同时还需采用管理、保护、处理、再循环和减少水污染等措施。

世界卫生组织通过1986年的调查，说明发展中国家的供水情况已经有了进展，但也提出了进一步工作的范围。可安全供水的农业人口由14%提高到33%左右；城市的安全供水扩大到70%以上。由于第三世界城市化迅速发展，不能安全供水的居民数目仍然要增加。另外与水有关的疾病还在蔓延，饮用水和卫生用水不足，以及不良的水管理所引起的疾病对人类健康还有很大的威胁。腹泻使发展中国家五岁以下儿童每年死亡400万人。疟疾也是与水相关的疾病，每年约有一亿人受到感染。如有较好的管理，伤寒、霍乱、血吸虫病和河盲症则可以减少。

二、可以承受的水资源开发问题

世界环境与发展委员会认为工业国和发展中国家现在的发展战略是难以接受的。面对世界性的环境破坏问题，水资源界已提出了一些新的概念和战略思想，例如：①对水资源进行维护环境美好的开发；②统一管理和保护水土资源；③恢复环境；④可以承受