

我国水环境容量研究状况及其展望

李蜀庆,李谢玲,伍溢春,胡雪飙

(重庆大学 资源及环境科学学院,重庆 400030)

摘要:我国经济社会正面临相当严峻的水环境问题,严格控制水污染物的排放已迫在眉睫,迫切需要拓展和深入开展水环境容量的相关研究,为水环境保护决策提供科学依据。文章简要评述了水环境领域研究取得的若干成果,并指出其中一些理论在水环境容量的应用方面存在的问题以及需要在研究中不断改进、发展和完善的方向。

关键词:水环境容量;研究现状;趋势展望

中图分类号:X52 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2007)03-0058-04

随着人口增长和社会经济的发展,水环境污染已经成为全球性的严峻问题,研究水环境容量具有十分重要的现实意义。本文综述了水环境容量研究进展状况,指出了研究存在的不足,并提出了需要不断改进、发展和完善的方向。

一、水环境容量的概念

环境容量的概念最早是由比利时数学家、生物学家弗胡斯特(P. E. Forest)于1938年根据马尔萨斯的人口论提出的。他认为,生物种群在环境中可以利用的食物量有一个最大值,动植物的增加相应也有一个极限,这个极限数值在生态学中被定义为“环境容量”^[1]。该理论随后被应用到人口研究、环境保护、土地利用、移民等领域。而应用于环境保护的环境容量概念却是由日本学者最早提出。最初的环境污染控制的思想是浓度控制,显然这会助长排污者低浓度大量排污的行为。20世纪60年代末,日本为了改善水和大气环境质量状况,提出污染物排放总量控制的问题,即把一定区域内的大气或水体中的污染物总量控制在一定的允许限度内。这个“一定限度”就是日本学者1968年提出的环境容量概念的依据。之后,日本环境厅委托日本卫生工学小组提出《1975年环境容量计量化调查研究》报告,环境容量的应用逐渐推广,成为污染物总量控制的理论基础^[2]。欧美国家的学者较少使用环境容量这一术语,而是用同化容量、最大容许排污量和水体容许污染水平等概念。我国环境界在20世纪70年代后期引入环境容量的概念,并应用到水环境的研究中,其中不同学者站在不同角度对水环境容量的定义也不尽相同。

国内外很多学者提出过许多水环境容量的定义^[3],这些定义可大致分为以下几类:(1)水环境容量是污染物容许排放总量与相应的环境标准浓度的比值;(2)水环境容量是环境的自净同化能力;(3)水环境容量是指不危害环境的最大允许纳污能力;(4)水环境容量是环境标准值与本底值确定的基本水环境容量

收稿日期:2007-05-16

作者简介:李蜀庆(1954-),男,重庆人,重庆大学资源与环境科学学院副教授,硕士生导师,主要从事区域经济、环境管理和资源综合利用研究。

和自净同化能力确定的变动水环境容量之和。上述定义从不同侧面反映了水环境容量的部分涵义,但并非对水环境容量的全面论述。

我国《排放水污染总量控制技术规范》中,对水环境容量作出如下定义:将给定水域和水文、水力学条件,给定排污口位置,满足水域某一水质标准的排污口最大排放量,叫做该水域在上述条件下的所能容纳的污染物质总量,通称水域允许纳污量或水环境容量^[4]。

二、国内外水环境容量研究进展

(一)国外研究发展状况

水环境容量以计算纳污量为目的,以水质数学模型为手段,国外学者在这方面进行了很多研究,并取得了一系列的成果。1925年 Streeter 和 Phelos 首先进行了一维水质模型的研究,建立了 DO - BOD 水质模型,经过 70 多年的发展,水质模型出现了许多形式,模型研究方法也日趋完善。随着计算机的出现和应用,以及生物化学耗氧过程认识的深入,模型发展为 BOD、DO、氮、硝酸盐等多个线性系统的水质模型,如美国的包括 7 个参数的 QUAL - II 河流综合水质模型。目前在美国环保局所应用的主要水质模型有:溶解氧垂模型(DOSAG - I)、简化河流模型(SSM)、简化河口模型(SEM)、河口水质模型(ES001)、动态河口模型(DEM)、1 - 型水质模型(QUAL - I)、2 - 型水质模型(QUAL - II)、水质反馈模型(FE - DBAK03)、接纳水体模型(PIURNAL)等等。

随着计算机技术的日趋成熟,国际上出现了一批利用计算机建立起来的水质模型通用软件,这些软件被越来越多的学者应用于水环境容量的计算。如:(1)河流系统的恒定态水质模型软件。1989年,美国的 Environmental Protection Agency (EPA)推出了 QUAL2E 模型。这是一维水质模型,它全面考虑了河流自净的机理,可用以预测多种污染物在水体中的衰减变化^[5]。之后,又出现了 QUAL2E - UNCAS 模型。这是 QUAL2E 的增订版,具备进行不确定性分析的功能^[6]。(2)河流系统的动态模型软件。1983年美国环境保护局的 Ditoro 等开发出了 WASP (Water Quality Analysis Simulation Program) 软件系统^[7]。WASP 程序具有相当的灵活性,可以用来建立一维、二维和三维模型,修改有关水质组分动力学过程的结构,提供随时间变化的交换系数流场污染

负荷和水质边界等。目前,该软件系统已经发展到了第 5 版,在实践中得到了广泛的应用。

(二)国内研究发展状况

我国对环境容量的研究始于 20 世纪 70 年代,水环境容量作为环境容量的一个重要方面受到环境界的广泛注意,经过近 30 年的研究和发展,在水环境容量理论、研究方法和实践应用等方面,都取得了一大批重要的研究成果。国内的研究可大致分为 4 个阶段。

其一,20 世纪 70 年代末至 80 年代初,主要结合环境质量评价等项目进行研究,研究内容集中在水污染自净规律、水质模型、水质排放标准制定的数学方法上,从不同角度提出和应用了水环境容量的概念。这一时期在对我国黄河兰州段、松花江、淮河蚌埠段、漓江等水环境质量的评估中,分别研究和探讨了水环境自净规律、水质数学模型的数学处理方法,从不同角度提出和应用了水环境容量的概念。

其二,“六五”期间,国家环境保护科技攻关项目的开展,有力地推动了我国水环境容量的研究,部分高校和科研机构联合攻关,提出了科学、全面、简明的水环境容量定义和水环境容量的影响因素,同时把水环境容量研究与水污染控制规划相结合,出现了一批有实效的成果,初步显示了水环境容量理论与生产实践相结合的威力。这一时期的研究对污染物在水体中的物理、化学行为进行了比较系统、深入的探讨。如开展了《主要污染物水环境容量研究》,进行了“沱江有机物的水环境容量研究”、“湘江重金属的水环境容量研究”、“深圳市水污染控制规划研究”、“黄浦江污染综合防治规划方案研究”、“京津地区水域有机物污染及防治对策”等研究。

其三,“七五”至“八五”期间,国家科技攻关项目的研究,把水环境容量理论推向系统化、实用化。在水环境容量理论的研究深度、广度和应用方面都取得重大进展,出现了多目标综合评价模型、潮汐河网地区多组分水质模型、非点源模型、富营养化生态模型、大规模系统优化规划模型等,污染物研究对象也从一般耗氧有机物和重金属,扩展到氮、磷负荷和油污染,并编制出水环境污染总量控制实用系列化计算方法,并正式出版了《水环境容量综合手册》这一标志性成果。同时,容量理论推向系统化、实用化的阶段。此时,全国一些重点城市和地区相继编制完成了城市综合整治规划、水污染综合防治规划、

污染物总量控制规划以及水环境功能区划,促进了水环境容量应用研究的发展。

至此,我国对水环境容量概念从单纯反映水体对污染物的稀释、自净能力扩展到了为实施总量控制和优化负荷分配服务的水体纳污能力方向,提出了可分配水环境容量的概念。逐步实现了从污染源管理到水质管理,从浓度管理到总量管理;从目标总量到容量总量。

其四,20世纪90年代以来,环境容量研究已全面进入应用阶段。国家攻关项目支持了武汉东湖、云南滇池、山西渭河等水域的污染综合防治,为环境容量理论的应用提供了广阔空间。同时,为了实现“九五”环境目标,我国发布了《国务院关于环境保护若干问题的决定》和《国家环境保护“九五”计划和2010年远景目标》,修改通过了《中华人民共和国水污染防治法》,明确规定我国“九五”期间要在全国范围内对环境危害较大的12种污染物实行总量控制,明确了在水污染防治方面实行水污染排放总量控制制度^[8]。为配合上述政策精神的落实,一些学者在全国多个水域开展了水环境容量开发利用研究,对我国水环境管理工作的科学化和污染物总量控制的实施起到了重要作用。

其中,许多学者对我国的许多重要河流的水环境容量进行了研究,成果大量涌现。这些研究成果不仅为研究对象的污染治理和水环境保护提供了科学依据,而且还极大地丰富了水环境容量的理论和研究方法。此时,国内不少学者还对部分感潮河段和感潮河网的水环境容量进行了研究。例如慕金波、酒济明对广利河感潮段水环境容量的研究^[9],韩龙喜等对南通水系片水环境容量的研究^[10]。20世纪90年代后期以来,国内不少学者对河流水环境容量的计算方法进行了深入的探讨。当时,水环境容量的计算方法大致可分为3类:解析公式算法、模型试错法及系统最优化分析方法。如1999年,周孝德、郭瑾珑等提出了一维稳态条件下计算水环境容量的段首控制、段尾控制和功能区段尾控制3种方法^[11]。2001年,孙卫红等探讨了基于不均匀系数的水环境容量计算方法,提出不均匀系数求解思路,并应用二维水量、水质数学模型进行求解^[12]。2000年,司全印等探讨了水环境容量的价值问题^[13]。他们认为,水环境容量是水体的自然属性之一,作为一种可更新的资源具有稀缺性的特点,具有使用价值

和价值。水环境容量的使用价值具有多用途性、共享性、动态性。在综合分析影响因素的基础上,他们提出了水环境容量价值等于污水处理费用、水环境自净作用带来的经济效益、外部不经济性(即负效益)之和的计算公式。

三、水环境容量研究存在的问题

之一,目前水环境容量水质模型理论研究已比较完善,但是模型参数的理论与计算方法还是水环境容量研究的一大难题。模型能否应用,关键在于能否正确识别参数,参数取值的合理与否直接影响到模型计算的成败。目前,论述模型形式的文章较多,介绍参数识别经验的研究成果较少,国内外学者在这方面至今还没有比较公认的和比较成熟的经验^[14,15]。

之二,在水环境容量计算研究中,对于选择功能区段内的哪一段作为控制段的问题还存在争议。西安理工大学水利水电学院的周孝德教授等提出了在一维稳态条件下计算水环境容量的3种方法,即段首控制方法、段尾控制方法和功能区段尾控制方法,但这3种方法各有优劣及适用条件,因此,这种不统一性影响了水环境容量纵向和横向的可比性。

之三,尽管国内外许多学者和研究机构对水环境容量进行了多方面的研究,但到目前为止,关于单项因素对水环境的影响研究较多,且计算方法大多采用常规的优化方法和模拟技术,且大多仅仅对水质等单因子进行了分析,而对于区域或流域其他影响因素与水环境容量间的关系,目前还未见这方面研究的报道^[16]。

四、水环境容量研究的趋势

根据上述分析,我国在水环境容量方面的研究取得了一定成果,但仍存在着不足。结合水环境现状及经济社会发展的趋势来看,水环境容量研究应实现以下2个方面的突破。

其一,水质数学模型向生态动力学发展,由确定性研究向非确定性分析方向发展,使之更好地反映水体中的污染物迁移、转化和富集规律,从理论走向真正意义的实践之中,同时建立各环境要素的综合水环境容量理论,这是水质模型的发展方向,也是水环境容量计算模型的发展趋势。

其二,研发人类活动影响下水环境容量变化分析方法,建立我国重要水域的水环境容量综合分析技术平台。在流域的尺度范围内,集成研发受资源

开发利用活动影响的水环境演变分析技术,包括水污染物的陆面及水中迁移和转换过程,将水体与大气及土壤、以及水体与植物和生物之间的过程关系综合起来,发展以数值模型为核心的水环境系统综合模拟技术。依托已有的水文、水动力、水质、泥沙、生物等分学科的研究基础和信息积累,结合地理信息系统技术逐步建立我国重要水域的水环境容量综合分析技术平台,推进成熟技术向生产力的转化。

参考文献:

- [1] 杨锐. 风景区环境容量初探——建立风景区环境容量概念体系[J]. 城市规划汇刊, 1996 (6): 12-15.
- [2] 周密, 王华东, 等. 环境容量[M]. 沈阳: 东北师范大学出版社, 1987.
- [3] 张家良. 水环境容量基本概念的发展[J]. 环境科学研究, 1992, 5(3): 59-61.
- [4] 夏青. 流域水污染物总量控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [5] 陆书玉, 等. 环境影响评价[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [6] 孙颖, 等. 河流及水库水质模型与通用软件综述[J]. 水资源保护, 2001(2): 7-11.
- [7] DiToro D M, Sifitpatrick J J. Documentation for Water

Quality Analysis Simulation Program CWASPand Model Verification Program (MVP) [C]. Duluth, MN: US Environmental Protection Agency, 1983.

- [8] 王灿发. 中华人民共和国水污染防治法阐释[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997: 24-25.
- [9] 慕金波, 酒济明. 广利河盛湖段水环境容量研究[J]. 山东科学, 1997, 10(3): 53-58.
- [10] 韩龙喜, 等. 南通水系片水环境容量及污染综合治理研究[J]. 河海大学学报, 1998, 26(1): 114-118.
- [11] 周孝德, 郭瑾琰, 等. 水环境容量计算方法研究[J]. 西安理工大学学报, 1999, 15(3): 1-6.
- [12] 孙卫红, 等. 基于不均匀系数的水环境容量计算方法探讨[J]. 水资源保护, 2001(2): 25-26.
- [13] 司全印, 等. 区域水污染控制与生态环境保护研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000: 52-55.
- [14] 韩进能. 河流一维水质模型在水环境容量计算方面的应用[J]. 环境科学与技术, 1995(4): 43-45.
- [15] R. Delucia and M. B Edward, Modle of the SaintJohn River, U. S., Modle for Water uality Management, Edited by A. K. Biswas 1981.
- [16] 齐学斌, 等. 试论我国水环境领域研究状况及其发展展望[J]. 西北水资源与水工程, 1997(8): 32-35.

Actuality and Prospect on Water Environment Capacity research

LI Su-qing, LI Xie-ling, WU Yi-chun, HU Xue-biao
(Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: China is facing serious water environmental situation with its rapid development of economy and society. Controlling water contamination is now in extreme urgency. Therefore, it is a pressing task to conduct corresponding studies on this issue extensively and thoroughly so as to provide scientific basis for policy and decision making on water environmental protection. The authors appraise previous research achievements of water environment, and point out some problems on its application. Also, some major directions for future research are prospected.

Key words: water environment capacity; research actuality; direction prospect

(编辑 彭建国)