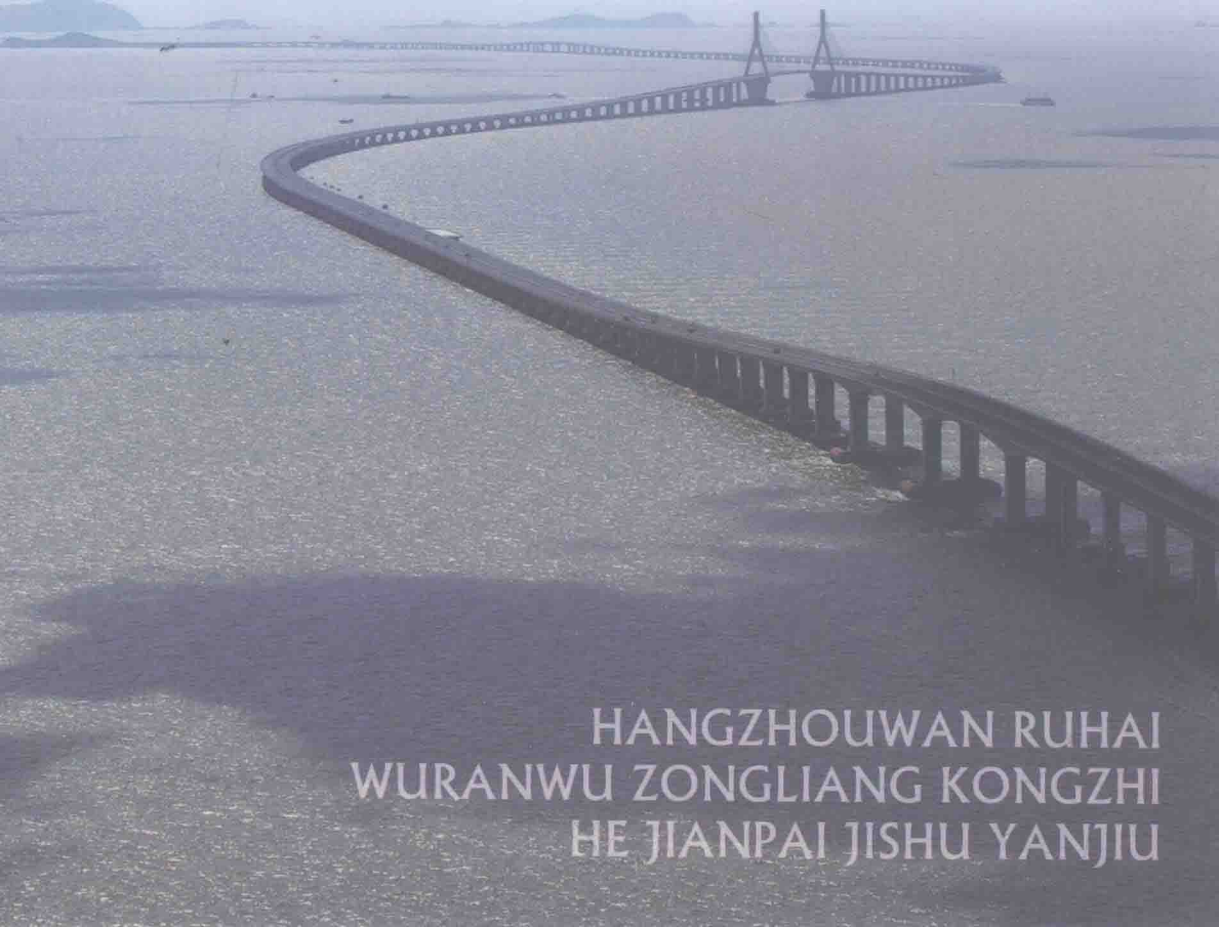




HANGZHOUWAN RUHAI
WURANWU ZONGLIANG KONGZHI
HE JIANPAI JISHU YANJIU

杭州湾入海污染物总量 控制和减排技术研究

黄秀清 主编



海洋出版社

杭州湾入海污染物总量 控制和减排技术研究

黄秀清 主编

海洋出版社

2015年·北京

图书在版编目(CIP)数据

杭州湾入海污染物总量控制和减排技术研究/黄秀清主编.

—北京:海洋出版社,2015.10

ISBN 978-7-5027-9246-6

I. ①杭… II. ①黄… III. ①海洋污染-总排污量控制-研究-杭州市 IV. ①X55

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第225825号

责任编辑:张 荣

责任印制:赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店经销

2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:21.5

字数:500千字 定价:98.00元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《杭州湾入海污染物总量控制和 减排技术研究》编委会

主 编:黄秀清

副主编:王金辉 姚炎明 蒋晓山 石少华 刘 莲

顾 问:房建孟

编 委:黄秀清 蒋晓山 王金辉 姚炎明 石少华 刘 莲

林 广 胡 欣 竺诗忍 俞 洁 朱 虹 项凌云

杨耀芳 孙亚伟 魏永杰 曹 维 朱 斌 陈 琴

胡 晨 李 佳 周大成 阮欣婷 仵彦卿 王莉波

目次

第1章 概述	(1)
1.1 杭州湾的基本特征	(1)
1.2 杭州湾环境容量研究的意义	(2)
1.3 研究内容	(3)
第2章 海湾环境容量与总量控制技术研究进展	(5)
2.1 环境容量研究及总量控制	(5)
2.1.1 水环境容量概念	(5)
2.1.2 水环境容量确定	(6)
2.1.3 水环境容量分配	(8)
2.1.4 污染物总量控制	(10)
2.2 海域主要污染物降解转化特征	(12)
2.3 河网平原污染源估算技术	(14)
第3章 自然状况与社会经济状况	(19)
3.1 自然环境概况	(20)
3.1.1 气候与气象	(20)
3.1.2 海洋水文	(20)
3.1.3 地形地貌	(21)
3.1.4 海洋资源	(23)
3.2 沿岸社会经济发展概况	(25)
第4章 污染源调查与估算	(31)
4.1 调查内容和方法	(31)
4.1.1 现场踏勘	(32)
4.1.2 统计调查与估算	(32)
4.1.3 现场采样监测	(37)
4.2 结果与分析	(38)
4.2.1 现场踏勘	(38)
4.2.2 统计调查与估算	(38)
4.2.3 主要河流污染物入海通量估算	(59)

4.3 小结	(59)
第5章 主要污染物降解与转化特征研究	(62)
5.1 平原河网污染物降解转化特征	(62)
5.1.1 实验设计	(62)
5.1.2 结果分析	(63)
5.2 海域主要污染物降解转化特征	(74)
5.2.1 实验室模拟试验	(75)
5.2.2 海上围隔实验	(92)
5.3 庵东湿地生态服务功能及污染物降解效应	(98)
5.4 小结	(100)
第6章 水文泥沙特征	(103)
6.1 调查内容及站位布置	(103)
6.1.1 调查站位	(103)
6.1.2 调查时间和频率	(104)
6.1.3 调查项目及分析方法	(104)
6.2 潮汐	(104)
6.2.1 潮汐性质	(104)
6.2.2 潮汐统计特征	(104)
6.3 潮流	(104)
6.3.1 潮流性质	(104)
6.3.2 潮流统计特征	(106)
6.4 余流	(113)
6.5 泥沙	(114)
6.6 波浪	(116)
6.7 小结	(117)
第7章 海洋生态环境特征	(118)
7.1 调查内容	(118)
7.1.1 调查站位	(118)
7.1.2 调查时间	(119)
7.1.3 调查项目	(119)
7.2 水环境状况	(119)
7.2.1 海水水质	(119)
7.2.2 生物体质量	(133)
7.3 海洋生物生态	(134)

7.3.1	群落结构特征	(135)
7.3.2	生态类型	(141)
7.4	小结	(142)
7.4.1	海水水质	(142)
7.4.2	生物体质量	(143)
7.4.3	海洋生物生态	(143)
第8章	潮流特征及水体交换能力研究	(146)
8.1	潮流场数值模拟	(146)
8.1.1	数值模型简介	(146)
8.1.2	模拟流程	(150)
8.1.3	模拟结果	(153)
8.2	水体交换能力数值计算与分析	(166)
8.2.1	数值模型的建立	(166)
8.2.2	计算结果与分析	(167)
8.3.1	余流场	(171)
8.3.2	纳潮量	(173)
8.4	小结	(174)
第9章	污染物输移扩散模拟	(176)
9.1	控制方程和定解条件	(176)
9.1.1	控制方程	(176)
9.1.2	定解条件	(176)
9.2	计算参数和计算条件	(177)
9.2.1	模型网格	(177)
9.2.2	计算参数	(177)
9.2.3	计算条件	(177)
9.3	污染物计算源强	(177)
9.3.1	污染源空间概化	(177)
9.3.2	计算源强确定	(178)
9.4	模型验证	(180)
9.4.1	COD _{Mn}	(181)
9.4.2	无机氮	(183)
9.4.3	活性磷酸盐	(185)
9.5	小结	(188)
第10章	杭州湾环境容量估算	(190)

10.1	范围界定及研究方法	(190)
10.1.1	范围界定	(190)
10.1.2	研究方法	(191)
10.1.3	技术路线	(191)
10.2	水质控制指标及控制目标	(192)
10.2.1	水质控制指标	(192)
10.2.2	水质控制目标	(192)
10.3	主要污染物环境容量估算	(194)
10.3.1	COD _{Mn}	(195)
10.3.2	无机氮	(203)
10.3.3	活性磷酸盐	(207)
10.3.4	污染物容量换算	(211)
10.4	小结	(212)
第11章	海湾环境容量利用与总量控制分配方案	(215)
11.1	杭州湾 COD _{Cr} 容量分配方案	(215)
11.1.1	方案设计	(215)
11.1.2	分配权重计算	(216)
11.1.3	环境容量计算及分配结果	(229)
11.1.4	优化分配方案确定	(232)
11.1.5	优化分配方案容量确定	(232)
11.2	杭州湾 TN、TP 容量削减方案	(234)
11.2.1	计算结果	(234)
11.2.2	污染物削减量计算及分配结果	(250)
11.2.3	优化分配方案确定	(260)
11.3	小结	(263)
第12章	极端条件下曹娥江开闸环境影响研究	(264)
12.1	潮流场数值模拟	(264)
12.1.1	潮流场数值模型	(264)
12.1.2	曹娥江流量选取	(264)
12.1.3	模拟结果分析	(265)
12.2	污染物动力扩散数值模拟	(265)
12.2.1	污染物扩散数学模型	(265)
12.2.2	污染物源强概化	(265)
12.2.3	模型参数选取	(266)

12.2.4 模拟结果分析	(266)
12.3 小结	(290)
第13章 排污权交易及生态补偿机制探讨	(292)
13.1 排污权交易	(292)
13.1.1 国内外研究现状	(292)
13.1.2 排污权交易体系框架和运行模式	(295)
13.1.3 排污权交易制度的应用	(297)
13.1.4 杭州湾流域排污权交易应用探讨	(300)
13.2 生态补偿	(303)
13.2.1 生态补偿概念	(303)
13.2.2 国内外相关工作进展	(304)
13.2.3 杭州湾庵东湿地生态补偿机制应用研究	(306)
第14章 结论与建议	(315)
14.1 结论	(315)
14.2 建议	(317)
附录1 浮游植物名录	(321)
附录2 浮游动物名录	(324)
附录3 底栖生物名录	(327)
附录4 潮间带生物名录	(330)

第1章 概述

杭州湾为我国典型强潮河口海湾,环杭州湾地区是长江三角洲地区的重要组成部分,包括上海市的金山、奉贤、南汇和浙江省的杭州、宁波、绍兴、嘉兴、湖州、舟山等区县市,两岸区域社会经济发达,且随着经济全球化趋势进一步强化,国际制造业加速向“长三角”转移,环杭州湾地区将加速融入全球经济体系,所处的地理位置更具重要性。本文研究了杭州湾 COD、无机氮、活性磷酸盐的环境容量、总量分配方案和削减方案,可为各级政府部门节能减排和总量控制提供技术依据,确保杭州湾生态系统的健康,达到海洋环境容量资源的可持续利用。

1.1 杭州湾的基本特征

杭州湾是一个喇叭形海湾,有钱塘江注入,湾内水域潮强流急,也是中国沿海潮差最大的海湾,动力条件好。然而由于长江和钱塘江的影响,海域环境水质污染严重,绝大部分环境功能区未能达到水质保护目标要求,主要污染物为营养盐(氮、磷)和重金属(铅、汞)等,主要环境问题是富营养化严重,海洋生态环境有恶化趋势。湾外为舟山群岛和舟山渔场,也是中国沿海赤潮发生最严重的区域。

环杭州湾地区正在打成长江三角洲先进制造业基地和现代化城市群。环杭州湾地区紧邻上海、浙江,通江达海,区域内外交通发达,随着杭州湾跨海大桥、沪杭高速铁路等重大交通项目的规划与建设,“同城效应”日益显著。环杭州湾地区集中了浙江省主要的深水港口、滩涂、高校与专业技术人才资源,建有秦山核电站、嘉兴电厂、北仑电厂等大型能源企业,拥有钱塘江、太湖等江河湖泊,为产业带发展提供了有力的资源保障。环杭州湾地区还汇集了海、江、湖、溪、山、岛等多种自然景观,是“长三角”重要的游憩休闲胜地和人居天堂。环杭州湾地区作为 21 世纪“长三角”经济重要的发展,必将为“长三角”区域经济的协调发展和再次腾飞发挥更加积极突出的作用。然而,在进行环杭州湾产业带建设时,我们必须正确处理区域经济发展与生态环境保护的关系,促进区域经济社会与人口、资源、环境协调发展,环杭州湾产业带的建设可能面临生态承载力或自然灾害等的制约或威胁,需要在全面、系统的区域环境质量与容量调查研究的基础上,统筹规划,力求资源利用最优,安全保障最好。

海域环境整治的投入是一项资金流动和再生产的工程,所有的投入首先转化成海域的环境价值和资源价值,在资源环境核算纳入国民经济核算体系之后,将会产生持续的国民

经济净生产值,这是持续发展的基础,也是国民经济健康发展的标志。环杭州湾的产业规划表明,该区域将重点培育五大标志性产业集群,即电子信息产业集群(重点发展电子材料、电子元器件)、现代医药产业集群(生物医药、天然药物、现代中药、化学原料药)、石化产业集群(炼油、乙烯、三大合成材料及多种有机化工原料、精细化工、塑料等)、纺织产业集群(化学纤维制造、印染、专业市场),预测在原有污染特征基础上又将有新的污染种类和特点,针对长江口、杭州湾等具有区域特点的重点海域的污染防治工作,必须通过区域环境合作机制的实施,才能有效解决海岸、海域和流域间的环境问题。

1.2 杭州湾环境容量研究的意义

环境容量是“一定水体在规定环境目标下所能容纳污染物的量”。环境容量大小与水体特征、水域功能区划、水质目标及污染物特征有关,它也是一种在一定条件下可持续利用的海洋资源。实施入海污染物排放总量控制是保证实现海洋环境保护目标的需要。尤其是在一些污染严重、污染物排放总量已明显超过环境容量的海域,更应严格控制污染物的排放总量。同时,促进资源节约、产业结构优化、技术进步和污染治理,落实两个根本性转变,推行可持续发展战略,都迫切需要实施污染物排放总量控制。

杭州湾为我国典型强潮河口海湾,两岸区域社会、经济发达,位于长江和钱塘江两江口,水动力等自然条件复杂,河口海域物理、化学、生物、沉积自净能力、污染源变化规律、污染源与近岸海域环境响应关系、近岸海域环境冲突与容量分配模式等方面的研究是河口海岸领域的世界性难题,具有重要的科学意义。

环杭州湾区域经济发达,水域内围垦滩涂、修建桥梁等人类活动持续不断,规模宏大(如钱塘江河口段已围滩涂 $6.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$,规划围涂如尖山河段、慈溪庵东边滩和上海人工半岛等工程也将达百万亩,杭州湾大桥、邻近的洋山港、芦洋大桥等),人类活动对杭州湾水域的水流、泥沙和生态环境的影响至为深远,预测这些变化是河口海岸领域的世界性难题,该湾的动态环境容量研究具有很强的科学意义和现实意义。

研究杭州湾海域的环境容量,科学地确定在国家、省、市相关标准下其对污染物负荷量的分级限度容量、自净能力,可为各级政府部门以总量为指标,控制来自各污染物排放源的总量,以确保杭州湾生态系统的健康,达到海洋环境容量资源的可持续利用。

长江三角洲等区域应加强区域环境保护合作,实行统一政策、统一目标、统一治理、有效地控制污染物排放总量,以提高区域整体环境质量和可持续发展能力。杭州湾海域跨浙沪两省市,产业类型多样,如何来分配“长三角”各地的污染物排放总量,才能使“长三角”区域海洋生态环境效益最大化?更进一步来说,苏、浙、沪和长江流域内陆省市的污染物减排的不同比例分配方案,也可能产生不同的生态环境效益和附加效应,目前迫切需要研究在区域合作基础上优化污染物减排方案,以达到区域生态环境效益的最大化。因此研究杭州湾海域的总量控制分配技术对于跨省、市跨区域、跨行业的海洋环境综合整治具有借鉴意义。

本文按照“河海统筹、陆海兼顾、以海定陆”的原则,制订以海洋环境容量确定陆源入海污染物总量的管理技术路线,探索建立以污染物浓度控制转变为以总量控制为原则的管理模式,以实现用法律调整开发利用中的社会经济关系,从宏观策略上实现区域的互动、联动,以推进污染物总量控制制度的建设,为实现海洋环境保护的有效管理奠定基础。

1.3 研究内容

在国内外总量控制与减排技术研究和评估的基础上,结合海域污染源与环境质量调查评价,筛选并优化适用杭州湾海域的环境容量计算模式及控制条件;根据海洋环境保护的具体目标和要求,研究基于区域、行业差异与公平相结合的入海污染物总量分配技术;制订杭州湾海域入海污染物的总量控制规划和减排方案;在实施、总结和评估的基础上,初步形成一套可推广使用的入海污染物总量控制技术与方法。具体来说,通过对杭州湾的污染源分布及排放的资料收集,结合所获取的海水、沉积物质量的数据和历史数据,开展杭州湾陆域、海域同步补充调查及主要入海污染物排海通量研究;通过数值模型,结合现场监测调查数据,掌握杭州湾的潮流、余流特征、水交换能力及水体更新速率,以及主要污染物的迁移变化规律,建立杭州湾海域的水动力和水质模型;以海洋环境功能区划所确定的水质目标为依据,进行污染物总量分配方法研究,进行杭州湾海域排海污染物控制总量分配方案研究,建立以杭州湾主要入海污染物排海总量控制方案。

本书中的最佳污染物总量控制和分配方案,根据经济—环境指数预测和经济效益优化分析后确定。平原河网地区污染源强的估算技术方法、湿地开发保护对海湾环境容量的影响和曹娥江脉冲排污对环境容量的影响等方面的研究工作,对于解决杭州湾的周边具有平原河网特征以及多水闸的海湾污染物总量控制和排污权交易具有重要意义。研究所得的以海定陆、跨区域跨行业的总量控制分配技术,对于区域或流域海域环境整治具有现实意义。

技术路线如下(图 1.1):

- ①在资料收集基础上,开展污染源、水动力和生态环境的补充调查。
- ②根据杭州湾地形地貌及水文动力特征建立杭州湾三维水动力数学模型。
- ③根据杭州湾海域水体主要污染物特性及主要污染源特点,确定环境容量或削减量计算因子。
- ④利用杭州湾水动力数学模型得到的流场以及杭州湾污染源和水质现状调查结果,建立容量计算因子浓度场模型。
- ⑤根据杭州湾海洋功能区划和近海海域环境功能区划,结合杭州湾海域水体污染现状与杭州湾水体交换特点,以预警原则(Precautionary Principle)确定杭州湾环境容量或削减量计算因子的水质控制指标和控制点。
- ⑥根据杭州湾污染源的季节变化、海域水质的年度变化以及水动力变化特点,兼顾不同季节生态环境变化特点统筹考虑确定杭州湾容量计算基准时间;根据减排管理的可行

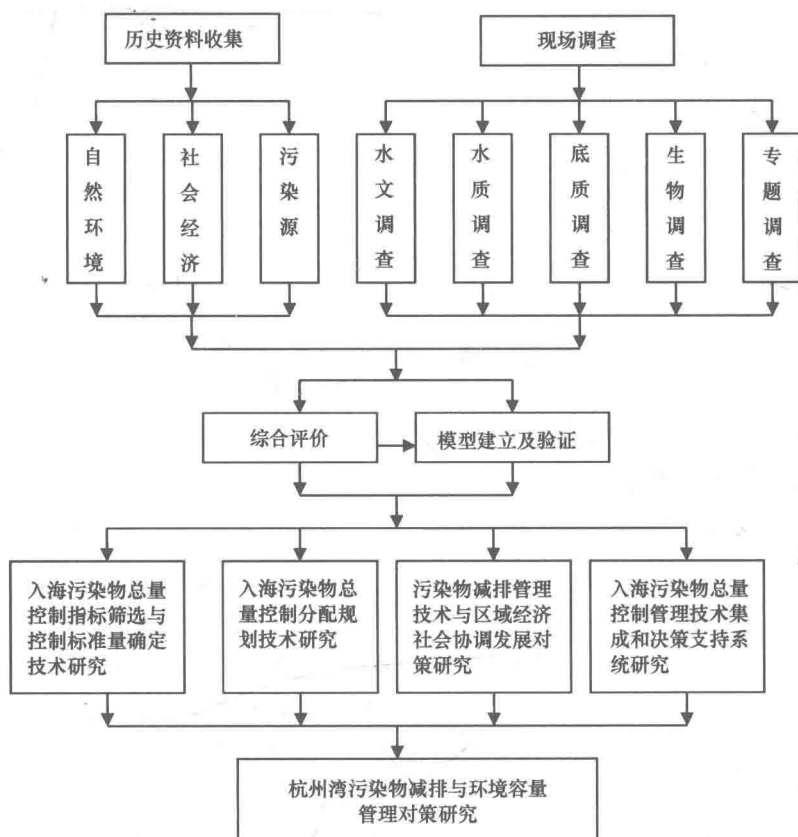


图 1.1 杭州湾污染物总量控制和减排技术研究的技术路线

性,遵循循序渐进的原则确定长中短期减排管理目标和分配方法;空间分配首先考虑不同区域的自然资源环境特点确定杭州湾最大环境承载力,并根据行政区对杭州湾环境容量和减排量进行市(县)行政分配。

⑦根据不同污染源排放口对各控制点的贡献率及其相应系数场分布,采用线性规划方法计算杭州湾自然环境承载力。并对不同削减量杭州湾水质改善效益进行评估。依据杭州湾周边县市社会经济环境状况,设计削减量和容量分配方案,通过数值模拟,比选最优的减排方案。

⑧按照流域综合管理的理念,开展海岸带及海域污染物控制区划与规划技术研究;形成基于海洋环境承载力的入海污染物总量控制方案,实现海洋环境容量资源的初始分配。

⑨把总量控制与减排管理技术集成与区域循环经济发展结合起来,提出优化区域社会经济发展与总量控制、减排管理协调建议,以及地方实施入海污染物总量削减计划的对策。

第2章 海湾环境容量与总量 控制技术研究进展

自20世纪60年代日本环境学界最早提出环境容量的概念以来,对于水环境容量方面的研究已经历时近半个世纪的时间。尤其进入21世纪后,随着人口的增加和经济的发展,人类生存的环境日益受到破坏,特别是水环境破坏备受世人关注,如何对水环境容量进行科学计算与优化分配已经成为当前研究的关键与热点。根据水环境容量来制定污染物总量控制策略,具有一定的前瞻性和可操作性,不仅可以改善水环境,还可以节约人力、物力和财力,实现人与自然和谐相处和社会经济可持续发展。

2.1 环境容量研究及总量控制

2.1.1 水环境容量概念

环境容量的概念最早是由日本环境学界的学者于1968年提出来的,此概念源于类比电学学的电容量。当时日本为了改善环境质量状况,提出污染物排放总量控制的问题,即把一定区域的大气或水体中的污染物总量控制在一定的允许限度内,而环境容量则作为污染物总量控制的依据。之后日本环境厅委托卫生工学小组提出《1975年环境容量计量化调查报告》,环境容量的应用逐渐推广,并成为污染物治理的理论基础。欧洲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来表达这个概念(张永良,1991;顾航平,2007)。

关于环境容量的概念没有一个明确的界定。1997年日本学者矢野雄幸提出:环境容量是按环境质量标准确定的,一定范围的环境所能承纳的最大污染物负荷总量(刘培哲,1990)。1986年联合国海洋污染专家小组(GESAMP)正式给出了国际上普遍接受的环境容量的概念:环境容量为环境特性,是在不造成环境不可承受的影响前提下,环境所能容纳某污染物的能力(张燕,2007)。我国从20世纪70年代开始引入环境容量这一概念(周密,1987)。目前多数学者把水环境容量定义为:水体环境在规定的目标下所能容纳的污染物量(张永良,1991)。

根据水环境容量的定义,环境目标、水体环境特性和污染物特性是水环境容量的三类影响因素。以环境基准值作为环境目标是自然环境容量;以环境标准值作为环境目标是管理环境容量。严格的自然环境容量是很复杂的,不是短期所能解决的。当前水环境容量研究的主要对象应该是管理环境容量。在自然水体中,点污染源、面污染源及自然背景值

(源)都对水体中的污染物总负荷有所“贡献”,都要占用相应的环境容量。但是自然背景值(源)和面污染源不易改变,两者所占用环境容量大部分难以再分配使用,实际可控制的污染物主要是点污染源。可分配使用的环境容量才是总量控制(张永良,1992)。

2.1.2 水环境容量确定

水体环境容量的计算,首先要通过水域功能区划确定水质目标;然后应用数学模型模拟,考察污染物排放量与水环境质量的定量响应关系(方秦华,2003)。水环境容量定量分析(计算)的基础是对水域水质状况预测的水质模型(张永良,1991)。

2.1.2.1 水质模型

水质模型是描述污染物在水体中随时间和空间迁移转化规律及影响因素相互关系的数学方程,是水环境污染治理规划决策分析的重要工具。从1925年出现的Streeter-Phelps模型算起,到现在的80余年中,水质模型的研究内容与方法不断深化与完善,已出现了包括地表水、地下水、非点源、饮用水、空气、多介质、生态等多种水质模型(曹晓静,2006)。

李云生等(2006)把水质模型发展分为三个阶段:第一阶段是1925—1980年。这一阶段模型研究对象仅是水体水质本身,被称为“自由体”阶段,在这一阶段模型的内部规律只包括水体自身的各水质组分的相互作用,其他如污染源、底泥、边界等的作用和影响都是外部输入。第二阶段是1980—1995年。这个阶段可以作为水质模型研究快速发展阶段,主要表现在:状态变量(水质组分)数量上的增长,在多维模型系统中纳入了水动力模型,将底泥等作用纳入了模型内部,与流域模型进行连接以使面污染源能被连入初始输入。第三阶段是1995年至今。在模型发展的第三阶段,增加了大气污染模型,能够对沉降到水体中的大气污染负荷直接进行评估。

廖招权等(2005)将水质模型发展过程分为五个阶段。1925—1960年为水质模型发展的第一阶段(基础阶段)。在这一阶段中,水质模型的研究处于最初时期,Streeter和Phelps共同研究并提出了第一个水质模型,后来科学家在其基础上成功地运用BOD-DO模型于水质预测等方面。从1960—1965年,在S-P模型的基础上有了新的发展。将其用于比较复杂的系统。引进了空间变量、物理的、动力学系数。温度作为状态变量也引入到一维河流和水库模型,水库(湖泊)模型同时考虑了空气河水表面的热交换。水力学方程、平流扩散方程作为水质迁移过程的基本描述而被用于水质模型。第一个简单的模型(一维的稳态模型)开始在水质管理中应用。不连续的一维模型扩展到包括其他来源和丢失源是在第三阶段,即1965—1970年进行研究,其他来源和丢失源包括氮化物耗氧(NOD)、光合作用、藻类的呼吸以及沉积、再悬浮等等。一维的网络系统被用于描述两维的垂直混合体系。计算机的成功应用使水质数学模型的研究有了突破性的发展。在1970—1975年期间,水质数学模型已发展到变成相互作用的线性化体系。生态水质模型的研究处于初级阶段,特别是初级生产率的动力学研究被发展了,其他较高水平的模型亦相继地被应用了。有限元模型用于两维体系,有限差分技术亦应用于水质模型的计算,更高维数的模型不断地被发展,关键问题是在进行水质模型研究中需要足够的数据库。在最近20年中,科学家的注意力逐渐地移

到改善模型的可靠性和评价能力的研究。

总结上述两种分类可以发现水质模型的发展趋势。首先,由一维模型向三维模型发展,随着应用需求的广泛和深入,二维、三维模型的研究得到了越来越多的重视,一些模型仍然处于发展阶段。其次,模型考虑因素和模拟状态变量增多,机理趋于复杂化。最后,水力学和水质问题的耦合越来越引起科学研究工作者的重视。水质模型的研究由单一组分的模型向较综合的模型发展,水库、湖泊的富营养化模型研究得到长足发展。

2.1.2.2 水质模型在环境容量计算中的应用

水质模型在环境容量研究中起到了基础性工具的作用。近年来随着环境容量研究的实际需要,水质模型也得到了更广泛和合理的应用。

王华等(2007)针对滨江水体的基本特征,提出了基于非均匀分布系数的水环境容量计算方法。通过建立镇江市内江二维非稳态水流水质耦合模型,动态模拟内江全日潮的水流水质时空变化过程,并运用修正容量计算公式求得内江不同水位条件下及不同典型年的水环境容量。郭良波等(2007)采用总量最优法计算渤海 COD 和石油烃环境容量,为大面积、非保守物质的海洋环境容量计算提供科学参考。李卫平等(2007)应用 Dillon、OECD、合田健三种水质模型分别计算了乌梁素海总磷、总氮环境容量,并从计算结果分析三种模型利弊。通过不同的数学模型对湖泊水体氮、磷允许纳污量进行计算和预测研究,对湖泊水环境污染总量控制具有现实的指导意义。牛志广等(2006)结合地统计学原理和 GIS 的空间数据表达和计算功能,以天津市近岸海域的 COD 指标为例,提出了计算近海水环境容量的新方法。该方法扩展了地统计学的应用领域,完全依据环境监测数据并充分挖掘监测数据的有用信息,避开了复杂的模型计算,结果可视化程度高,可以在环境管理中尝试应用。栗苏文等(2005)在污染源调查和污染负荷估算的基础上,基于 Delft 3D 数学模型对大鹏湾的水质进行数值模拟,从而估算出大鹏湾的水环境容量。张学庆等(2007)根据孙英兰、张越美在国际上较为流行的河口、海岸、陆架模式(ECOM)模拟了胶州湾三维潮流场基础上,建立起了海湾点源输入与纳污水域响应的数值模型,为胶州湾污水排海、海域水质管理及总量控制规划提供科学依据,对半封闭型海湾及开阔海湾的污染物总量控制研究具有借鉴意义。刘浩等(2006)通过研究各种污染物的降解性,建立起带有源汇项的对流扩散方程,更真实模拟海洋环境,并运用有限容积(FVM)数值格式改进了 POM 模式,计算了辽东湾 COD、氮、磷的保守性和非保守性过程的环境容量值。喻良等(2006)根据地表水模型系统(SMS)模拟出水质情况,采用影响系数法计算环境容量。利用计算机建立模型对河流水质进行模拟,从而计算其水环境容量。计算简单且易于理解,是一种非常有效且值得推广的计算方法。

上述研究表明在水环境容量计算中,开始对一些敏感水域进行模拟计算,例如滨江水体,模型开始向多因素耦合方式发展,结合新技术,例如 GIS,开始重视多种模型利弊比较,对于海域环境容量研究逐渐增多,开始向三维水质模型、修正原有水质模型等更复杂的方向发展。

2.1.3 水环境容量分配

2.1.3.1 分配原则

之所以允许向天然水体排放一定量的污染物,是因为天然水体对该种污染物具有一定的环境容量,排放总量最根本的是要根据水体的允许纳污能力来确定(张永良,1991)。水污染物总量分配必须以污染物不超过水环境容量的限度为基础。各个排污单位或污染源之间如何科学、合理、优化分配水环境容量是水污染总量控制的核心工作。

在分配中应尊重公平和效益的原则,充分反映水环境容量分配的社会性、经济性和历史性,以保证实际的可操作性。公平原则的分配方法包括:水污染负荷量的公平分配、收益和处理费用的公平分配、行政协调的公平分配。效益原则下的分配方法包括:区域内治理费用最小法、最优组合治理方案分配法、边际净效益最大法(郭希利,1997)。

1) 水环境容量公平性分配

分配允许排放量本质上是确定各排污者利用环境资源的权利、确定各排污者削减污染物的义务,利益的分配和矛盾的协调,所以在市场经济条件下,公平原则是排污总量分配中应遵循的首要原则,然后在公平的基础上追求效率。公平分配排污总量也是处理污染纠纷,确定跨界水质标准的依据。因此排污总量分配中的公平性是环境规划中一个非常重要的概念。

早在1996年,林巍等(1996)对已有的污染物排放总量“公平分配”规则中隐含的不公平性就进行了分析,并利用环境冲突分析理论设计出满足公理体系的排污总量公平分配规则。徐华君等(1996)就总量控制负荷分配问题进行初步的理论探讨,对现有主要的两种分配方式进行了评价,探讨兼顾效益与公平的新分配思路。汪俊启等(2000)分析导致允许排放量分配不公平的因素,提出允许排放量公平分配的原则,建立水污染物允许排放量公平分配模型。

2) 水环境容量效益性分配

国外效益性分配的研究自20世纪60年代起步,初期主要集中于将线性规划模型应用于解决河流水质问题。70年代,动态规划模型在水质规划管理中的应用得到发展,同时非线性规划模型的应用也开始见诸报道。80年代后,人们意识到优化技术的适用性的影响因素复杂,水质管理通常具有多目标、相互作用、动态和不确定等系统复杂性,通过大量简化方法量化系统可能造成系统误差和模拟失败,开始将风险性、随机性、模糊性、不确定性和多目标等多学科的方法应用于各种效益性分配模型(Cardwell H, 1993; Burn D H, 1992; Wen C - G, 1998)。

在我国水环境效益性分配研究中,陈丁江等(2007)充分考虑各污染源的GDP产值、各污染源所承载的就业人口等社会效益因子,对曹娥江上游水环境容量进行了建模分配。李开明等(1900)针对潮汐河网地区制定一套允许排污总量的优化分配方法,总量控制方法在珠江三角洲河网地区已得到广泛的应用,允许排污总量的分配方法可以直接应用到发放排污许可证。我国的水环境容量分配研究仍有待发展,制定更加科学合理并且适应我国经济