

# 水环境科学研究与进展

(1980—1988)

中国环境科学研究院  
水环境研究所学术委员会 编

中国环境科学出版社

1991

X52  
5614  
1980-88 类  
出

220610

# 水环境科学研究与进展

(1980~1988)

中国环境科学研究院  
水环境研究所学术委员会编

中国环境科学出版社

1991

## 内 容 简 介

本书汇集了中国环境科学院水研究所“六五”期间国家科技攻关项目内容及该所科研工作的部分成果。内容包括:水环境容量研究;水污染系统规划方法研究及成果;重金属等污染物在环境中的迁移转化规律;土壤环境容量及其污染防治的分析研究;城市污水处理技术与对策研究;环境监测与环境评价。

本书可供水环境研究人员、环境工程、水资源工程专业的技术人员及大专院校师生参考。

## 水环境科学研究与进展 (1980~1988)

中国环境科学研究院水环境研究所学术委员会编  
责任编辑 张锡声

\*

中国环境科学出版社出版  
(北京崇文区北岗子街8号)

中国环境科学研究院印刷厂印刷

\*

1991年5月 第一版 开本 787×1092 1/16

1991年5月 第一次印刷 印张 12 1/2 插页 1

印数: 1—1 000 字数: 296 千字

ISBN 7-80010-633-0/X·328

定价: 10.00 元

# 前 言

本书汇集了中国环境科学研究院建院以来,水环境研究所科研工作的部分成果。其主要是“六·五”国家科技攻关项目内容。它包括:

- 1.水环境容量研究及成果;
- 2.水污染系统规划方法研究及成果;
- 3.重金属等污染物在环境中的迁移转化规律;
- 4.土壤环境容量及其污染防治的分析研究;
- 5.城市污水处理技术与对策研究;
- 6.环境监测与环境评价。

它反映了我国水环境研究的方法论和成果;它已为我国水环境管理与决策发挥着重要的作用。这些研究在“七·五”国家科技攻关项目研究中又有进一步深入,它仅反映了我国水环境管理与规划研究过程中这一历史时期的情况。本书可供水环境研究人员、环境工程、水资源工程专业技术人员及大专院校师生参考。

本书主要编辑人员为刘玉生主任,张永良所长审阅。朱学庆、韩梅等同志协助编辑。

水所学术委员会

# 目 录

我国水环境容量研究与展望.....	张永良 洪继华 夏 青 刘培哲 ( 1 )
水环境容量研究.....	水环境容量研究课题组 ( 12)
国家水环境质量管理信息 (NWEQMI) 的系统化研究 (上) .....	程振华 ( 31)
国家水环境质量管理信息 (NWEQMI) 的系统化研究 (下) .....	程振华 ( 42)
湘江底泥、悬浮物对镉、铅、砷、汞的吸附与解吸速率系数的研究 .....	金相灿 徐南妮 洪继华 吴淑岱 ( 55)
湘江悬浮沉积物对铜和砷的吸附——解吸速率研究.....	徐南妮 ( 67)
城市污水处理技术对策 .....	林振东 ( 76)
国外富营养化模型的研究进展.....	刘玉生 ( 87)
感潮河流中混合区的二维水质模拟研究.....	李彦武 任隆江 韩卫国 (103)
深圳湾物理自净与城市污水排海.....	孟 伟 (114)
确定 CBOD 和 NBOD 参数的研究 .....	李献文 (120)
天然河流混合输移参数的研究.....	张永良 余常昭 周克钊 王和平 (128)
凝胶色谱法在水环境分析中的应用.....	苏一兵 黄连芬 (137)
钠离子置换作用对地下水硬度升高的影响.....	李庆诚 (146)
工业小区的环境本底监测与评价.....	卞希俊 (154)
努力开发第二资源——简论我国固体废弃物资源化.....	陈嫻文 董 路 (158)
北京地区土壤有机矿物油的容量研究.....	蔡士悦 王 莉 张久根 赵小刚 (163)
北京燕山石化区土壤苯并(a)芘污染及其环境容量研究 .....	蔡士悦 张久根 (175)
污灌对京津唐地区生态环境的影响及其对策研究.....	蔡士悦 李 强 (183)
后语.....	( 190)

# 我国水环境容量研究与展望

张永良 洪继华 夏青 刘培哲

(中国环境科学研究院)

随着环境管理工作发展的要求,我国环境界在 70 年代后期引入了环境容量的概念,并开始了水环境容量的研究工作。虽然对于水环境容量理论的理解当时还有相当的分歧,但是我国水环境容量的研究很快就超越理论概念的探索与争论,而着重从水环境容量实际应用的角度来开展工作。从 70 年代末以来,已陆续在很多实际河流上开展水环境容量量化的研究工作,并取得了不少应用成果;“六五”国家科技攻关课题“主要污染物水环境容量研究”,也是把攻关成果落实于沱江、湘江、深圳河湾有关水域的水污染防治方案和水质管理规划上。

根据我国经济发展和环境污染的实际状况,总结以往特别是“六五”期间科研实践的经验,我们认为,我国水环境容量研究的方向应该是紧密围绕环境管理,研究天然净化和人工处理的优化结合,为实现水环境容量的开发利用,探索符合我国国情的水污染防治途径作贡献。“七五”国家科技攻关项目中,继续列有“水环境容量开发利用研究”的专题项目;在其它攻关课题和非攻关课题中,也包含有很多“水环境容量开发利用”的研究内容。第二届全国水环境容量研究学术会议也是以此作为中心议题来交流学术成果,推动科技协作,加强横向联合,开创我国水环境容量研究的新局面。

本文从水环境容量开发利用的角度出发,对我国水环境容量研究作一展望。

## 一、水环境容量研究要紧紧围绕为环境管理服务, 探索一条符合我国国情的水污染防治途径

环境容量是环境科学中具有重要意义的基础理论问题,也是一个重要的实际应用问题。不论对环境容量进行理论探索,还是研究环境容量的开发利用,都应紧紧围绕为环境管理服务,为探索一条符合我国国情的水污染防治途径提供科学依据和技术方法。为达此目的,我们认为应着重解决好以下几个问题。

### (一)以管理环境容量作为主要研究对象

国内外很多研究者提出过许多环境容量的定义,并开展了各方面的研究工作。这些定义可大致分为以下几类:

- 1.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.环境容量是环境的自净同化能力;
- 3.环境容量是指不危害环境的最大允许纳污能力;
- 4.环境容量是环境标准值与本底值确定的基本环境容量和自净同化能力确定的变动环境容量之和。

上述各种定义是从不同侧面反映了环境容量的部分涵义,但也不是全面的论述。

我们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质”。环境目标、水体环境特性、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。管理环境容量不仅和自然因素有关,而且考虑了各种社会和经济因素。

## (二)着重开发利用水环境自净(同化)容量资源

由于水体具有存储、输移、降解或使污染物无害化的能力而使自身净化,水环境容量具体可分为三个组成部分:

1)存储容量。由于稀释和沉积作用,污染物逐渐分布于水和底泥中,其浓度达到基准值或标准值时水体所能容纳的污染物质;

2)输移容量。污染物进入流动水体之中,随着水体向下游移动,随水和底泥的移动,它表示水体输移污染物的能力;

3)自净容量。水体对污染物进行降解或无害化的能力。若污染物为有机物,自净容量也常称为同化容量。

自净容量一般是水环境容量中最重要的组成部分。它的特征是无害化的转化过程,也是可不断再生的量,因此是水环境容量中应该着重加以开发利用的部分。城镇污水中的需氧有机污染物质面广,我国大、中甚至小城市无不受其困扰,而需氧有机污染物在水环境中可以转变为无害化状态,利用此部分自净容量可直接节省污水处理费用。在我国水环境容量研究中,也一直以城镇污水中的需氧有机物水环境自净容量作为开发利用的首要目标。例如:沱江内江段合理利用同化容量资源可节约投资 9000 万元,而对于难降解的重金属和可积累的有机毒物,其水环境容量的开发利用就要采取十分谨慎的态度,一般主要是靠控制污染源来解决。

在河口海湾大江大河等水流交换性能良好的巨大水体环境中,输移容量和存储容量也是重要的可开发利用的水环境容量资源。如英国的一些沿海城市的污水一级处理之后就排海,就是利用海湾输移容量和存储容量的例证。当然,其时也同样利用了海湾的自净容量。

## (三)为防治水污染技术政策提供科学依据

据统计,1985 年全国污水排放量达 312 亿吨,其中,工业废水占 75%,生活污水占 25%,80%以上的污水未经处理直接排入水域,预计到 2000 年污水排放量将增加到 1000

亿吨。据计算,采用污水处理厂处理污水的办法,到 2000 年所需基建总投资将超过 1000 亿元,年运转费约为 300~500 亿元,此非我国近期经济实力所能担负的。因此我国的污水处理在相当一段时间内,必然要走人工处理和天然净化相结合的道路,要研究如何更好地利用水环境容量,以减少水体的污染状况。

国务院环境保护委员会 1986 年 11 月 22 日通过的“关于防治水污染技术政策的规定”中,明确提出“制定水质管理规划时,对水量和水质必将统筹考虑,应根据……城市污水处理厂建设,水体自净能力等因素,采用系统分析方法,确定出优化方案”;“流域、区域水污染的综合防治,应初步实行污染物总量控制制度”;“根据流域、区域的水质管理规划,允许排入污水的江段(河段)应按接纳水体的功能……确定污水排入量和污水排放区”;“对较大的江河,应根据水体的功能要求,划定岸边水域保护区”;“根据湖泊、水库不同的功能要求和水质标准,采取措施防止富营养化的发生和发展”;“在条件许可的城市,可考虑采用排江、排海技术处理城市污水”。上述水污染防治技术政策的内容,实际上都是建立在水环境容量开发利用这个基础点上的。因此,深入研究水环境容量及其开发利用,必将为进一步贯彻我国水污染防治技术政策提供重要的科学依据。

#### (四)环境管理方面的实际应用

水环境容量研究必须落实到环境管理方面的实际应用中去,不仅是说明现状,认识环境,更重要的是预测未来,改造环境;不仅是反映经济发展和环境保护的矛盾,更重要的是协调经济发展和环境保护的关系。

联合国环境总署提出“环境管理是对损害环境质量的人为活动施加影响,以协调发展与环境的关系。达到既要发展经济满足人类的基本需要,又不超出行星(地球)的生物容许极限”。

水环境容量研究,可以在下列环境管理的实际问题中发挥作用:

- 1)符合我国国情的水环境目标
- 2)各种类型的水质标准和排放标准
- 3)协调生产与环境关系的区域环境规划
- 4)实行总量控制的水质管理规划
- 5)综合优化决策的水污染防治规划
- 6)重大工程项目的环境影响评价
- 7)水资源综合利用规划

## 二、水环境容量开发利用的几个领域

### (一)重视研究污染水域水环境容量资源的保护和污染负荷的削减控制

根据有关资料,我国已经污染的河长 1.8 万公里,其中 5000 公里河段已接近或超过工业废水排放标准,属严重污染河段。受工业布局和水资源分布的影响,我国水污染严重的水域,集中在某些地区,呈区域性分布。在水资源缺乏的北方地区,水质污染相对严重,



海滦河污径比达到 0.126。以大中城市为中心,形成布局性严重水污染区域,例如第二松花江吉林以下地区;辽河水系的沈阳抚顺地区;海滦河水系的京津渤地区;长江水系的沪、宁、杭地区;珠江水系的珠江三角洲地区。而城市及其郊区水污染尤为严重,流经上海市的黄浦江全长 113.4 公里,超过地面水三级标准的污染江段长 64.5 公里,恶臭期每年 100 多天。南京的 10 里水沟,北京的凉水河、通惠河,杭州的西湖,武汉的东湖污染都较严重。

严重污染水域的形成,从容量的观点来说,就是污染物超过了水环境容量的限度,或者说是容量的超负荷开发利用,缺乏保护措施,盲目地、自由地向水域排放大量污染物。对于已经严重污染的很多水域,水环境容量研究的目的就在于经济合理地确定污水削减量和污水处理的规模和方案。这是我国现阶段迫切需要解决的问题。

例如黄浦江水污染防治中的水环境容量研究,就是分析研究淀山湖,黄浦江支流和黄浦江干流水环境容量,以及长江口大水体环境容量,探讨排放黄浦江和长江口的可能性,并提出了上引下排的方案。

又如:松花江水污染防治中的水环境容量研究,就是研究水体的自净规律与污染物的允许排放量,并在此基础上进行各种方案的技术经济比较:第二松花江,制定了主要污染物总量排放标准,对吉林市 30 个主要厂分别提出主要污染物 BOD、COD、SS、氨—氮、汞、铬等总量排放标准;第一松花江进行了水质规划,计算了各江段的容许纳污量和各城市的污染负荷削减率。

## (二)积极开展大江大河、近海水域水环境容量开发利用与污水排江排海技术研究

大江大河、近海水域的巨大流动水体蕴藏有丰富的水环境容量资源,正确合理地加以开发利用,可以取得巨大的环境效益和经济效益。

长江流域各水系接纳的废污水量为全国各水系之冠,每日 3569 万吨为全国的 41.4%,但是总体来看长江干流的水质还是良好的,化学耗氧量污染河长为 4.5%、氨—氮污染河长为 0.8%;污染主要是大中城市附近的沿江岸边的污染带,据统计长江干流污染带长度总计已达 420 公里。

据统计,1983 年我国沿海地区共排放工业污水和生活污水 62.1 亿吨,但我国近海水质总体仍处于良好状态。而近岸海域则有不同程度的污染,至于各类排污口附近海域及半封闭海湾则已受到较严重的污染,主要是石油,其次是有机物污染和重金属污染。根据有关资料,整个近海海水石油浓度的几何均值为 0.053 毫克/升,基本上仍满足一类海水水质标准(0.05 毫克/升);而近岸 29 个海湾和海域监测资料表明,近岸海水石油类平均浓度为 0.097 毫克/升,超标接近一倍。最高值为 3.43 毫克/升。全国近岸海水中 COD 平均浓度为 2.09 毫克/升,基本上符合一类海水水质标准,但最高值已达 14.08 毫克/升。

以上情况表明大江大河和近海水域一方面仍有巨大的水环境容量可供开发利用,这对于我国南方城市,特别是沿海开放城市的水污染防治具有现实的应用意义;另一方面沿岸局部水域已有比较严重的污染,开发利用不当将进一步加剧水质污染。

目前,对于长江干流这样一类大江河的水环境容量,已做过一些工作。提出干流水质规划应该实施污染物总量控制;总结大江大河的稀释自净规律和中小河流的不同特点;利用累积流量坐标建立岸边污染带的二维水质模型。但总的来看还是初步的,无论是稀释自净规律,污染带水质模型,还是大江河环境容量计算方法都有很多问题有待研究;至于潮汐流动的影响,排污口混合区的确定,对生态系统的长期影响等则更是刚刚开始研究。

河口海湾的水环境容量近年来已对渤海、东中国海和深圳湾、胶州湾、杭州湾、北海湾、大连湾等十几个海区和海湾的自净规律和环境容量进行过研究工作;研究了海水交换与潮汐搬运能力,利用潮流场和扩散方程推算自净容量,根据拉格朗日余流模型研究污染物迁移途径,取得了不少成果。但是上述工作一般都是局限于物理自净能力,对于生化降解的自净容量还很少研究,特别是如何利用排海工程开发利用水环境容量解决沿海城市的水污染防治还有很多工作有待进行。

我国江河岸边和近海沿岸存在着数目众多的排污工程和排污口,但绝大多数没有经过严格的环境影响评价科学论证,带有很大的盲目性。近年来排江排海工程日益受到重视,在认真分析研究水域自净能力的基础上所提出来的两项工程是比较引人注目的。一个是深圳市污水排海工程,经济效益约 8000 万元;一个是上海市污水排入长江口工程,可节约污水处理投资约 20 亿元。但上述工程要完全付诸实施还要做大量的研究工作,当前结合要实施的排江排海典型工程深入研究排污工程的规划原则、排放标准、排放方式、工程布置、结构型式、水质影响等与大水体环境容量开发利用的关系是很有意义的,通过典型工程的实施才能充分暴露问题,也有利于推广应用。

### (三)继续深入研究城镇污水需氧有机物的水环境同化容量及其开发利用

我国水污染防治中,需氧有机物是量大面广居于首位的污染物,也是防治的首要目标。根据统计分析,对 1983 年 42 个城市 55 条河流的 89 个监测点数据进行分析,氨氮超标的河段占 58.5%,亚硝酸盐氮超标的河段占 23.4%。根据全国水资源评价和全国环境质量报告中资料来分析,氨氮、COD、BOD 和 DO 等水质指标的超标率也是排列在前的。

近年来我国水环境容量研究中,需氧有机物同化容量的研究也是主要研究对象,并取得不少成果。已有文献对此作过概述和展望,并汇总了我国部分河流同化容量的研究成果。

近年来需氧有机物水环境容量研究又有了很大进展。“六五”科技攻关课题“主要污染物水环境容量研究”也是以需氧有机物作为主要污染物,比较深入地研究了水体中有机物和氯化物的降解转化机制,提出了需氧有机物水环境容量的系列模型。黄浦江综合防治规划和鸭绿江下游综合防治研究中研究了感潮河段的有机污染物同化容量。深圳河湾的水环境容量和京津地区水域水污染防治研究中研究了河口海湾的有机污染物同化容量。苏州市、常州市和京津地区水域水污染防治综合防治研究中都研究了河网的有机污染物同化容量。上述研究不仅开拓了同化容量的研究领域,而且取得了良好的经济效益。

今后随着各地城市水污染防治和流域(区域)水质管理规划工作的开展,就要求更深入地开展有机污染物同化容量的研究。例如有机污染物在不同水环境中的迁移转化规

律;有机污染物可生化性指标的选择与确定方法,有机污染物的水质模型与同化容量的系列模型,提高同化容量的措施和方法。

#### (四)努力加强湖泊水库富营养化的氮磷容量及其防治的研究

我国是个多湖泊的国家,据初步统计全国天然湖泊面积在1平方公里以上的有2800多个,总面积达8万平方公里约占全国总面积的0.8%,其中面积大于50平方公里的大中型湖泊231个,占湖泊总面积的80%左右。从总体来看,我国绝大多数湖泊仍处于贫营养化和中营养化状态,水质还是良好的。但是濒临城市和风景区域的一些重要湖泊已经出现富营养化状态,如杭州西湖、武汉东湖、南京玄武湖、无锡五里湖、长春南湖、昆明草海等。另外还有一些重要的大中型湖泊如太湖、镜泊湖、巢湖、鄱阳湖、淀山湖等如不采取措施,也会逐步向富营养化状态发展。

解放后我国又修建了不少人工湖泊——水库。据1981年的统计,全国已建成的库容在1000万立方米以上的大中型水库有2661座。虽然从总的来看,水质还是良好的;但是濒临城市和作为水源的水库有不少也出现向富营养化演变的威胁。例如,于桥水库、密云水库、蘑菇水库、大伙房水库等水域的富营养化都已引起注意。

我国近年来已开始对很多湖泊水库开展了富营养化的研究工作:如东湖磷环境容量的研究;太湖的环境质量研究;西湖的富营养化研究;玄武湖环境质量评价研究;于桥水库营养状态与预测研究;密云水库富营养化研究等。但总的来说,工作刚刚起步,大都是水质调查、营养状态评价和趋势预测;少数也探讨了氮磷负荷的收支平衡,初级生产力与营养元素的关系。

今后要加强湖泊水库营养化的氮磷容量及其防治的深入研究:一方面深入研究氮磷循环过程、湖泊生态模型、富营养化状态与营养负荷的定量关系,定量分析富营养化氮磷容量;另一方面立足于预防和治理,开发利用氮磷容量和人工处理措施相结合,研究为规划决策服务的湖泊(水库)流域管理模型。“七五”水环境容量攻关课题中,采用点面结合的方法,一方面对全国28个湖泊水库的富营养化作全面的调查;另一方面对滇池、巢湖和东湖等典型湖泊水库富营养化的氮磷容量及其防治作深入的研究。

#### (五)根据各自特点开展其它各类污染物(热污染、油污染、重金属)水环境容量研究

水体热污染是一种特殊形式的污染物,热环境容量是一种特殊形式的环境容量。热电厂需要大量冷却水来散发巨大热能,利用水库、湖泊、河道、港湾等各种自然水体来冷却是广泛使用比较经济的一种冷却方式。一般由冷却水带走的能量为电厂发电能量的1.4倍(火电厂)至2倍(核电厂);百万千瓦火电厂的冷却水量为 $35\sim 40$ 米<sup>3</sup>/秒,核电站为 $60\sim 70$ 米<sup>3</sup>/秒。到1990年我国火电站冷却水量将达589亿吨。

我国冷却水的研究是从50年代后期开始的,在数学模型、参量参数、水力热力模型试验和工程应用方面都取得了大量的研究成果,已有文献对此作了详尽的回顾和展望。但是明确和环境污染联系起来则还是近年来的事,在分析热环境容量,探讨热污染的水质影

响,研究热污染的预报和控制等方面都还有大量工作有待开展。热污染无疑还是我国当前环保工作的薄弱环节,有待加强。

目前,石油污染已成为海洋污染的主要形式之一,特别是河口、港湾、油运主要航道及石油炼制,开采基地邻近水域更为严重。据统计在1979~1984年间,在我国海域,由于海运事故而排油21500吨;而平台井喷事故也时有发生。预测结果还表明,2000年全国四个海区近岸海湾、海域的水中石油类平均浓度将全部超过二类海水水质标准。

油污染的研究,国外在60年代后有较大的发展,对海面溢油的运动规律及防治措施都有比较广泛的研究,文献对此有一述评介绍。我国对海域油污染的研究近年来虽然对海面溢油扩散的数学模型、实验研究和计算方法开始做了一些工作;对于海湾的油环境容量在大连湾、渤海湾等水域也都作过一些粗略的估算;但总的来说尚处于起步阶段,对于油污染的环境容量及其防治措施都急待进行深入的研究。

重金属是非降解、可累积、有毒性的污染物。据统计全国汞污染河长(年均值大于0.01毫克/升)有7971.7公里,占总评价河长的9.7%;尤以黑龙江流域严重,污染河长占总评价河长37.6%。其它重金属如Pb、Cr、As、Cu、Cd等在我国南北均有严重的污染带。可以预计水环境重金属将会日趋严重,若不采取措施,后果是很严重的。

重金属水环境容量是存在的,但由于重金属污染物的特性和毒性决定了对于重金属的排放应持严格慎重的态度。重金属污染防治应该立足于控制污染源,实现非酸性和沉淀后排放,科学制订重金属水环境标准的基础。当然,重金属完全实现零排放,也不是我国目前经济实力所能实现的,合理慎重地利用水环境容量也是允许的。“六五”攻关课题“重金属水环境容量研究”。对于重金属的水环境容量涵义、水质模型及参数、水环境标准、污染控制措施都作了比较深入的研究,但由于本身问题的复杂性,很多问题尚有待进一步研究。

## (六)注意研究水利工程及其它人工措施对水体环境容量的影响

传统的水利工程主要考虑水量较少注意水质,实际上水利工程可以恶化水质,也可以净化水质。开发利用水环境容量,主要是指开发利用在自然状态下的水环境容量,同时也可采取人工措施包括水利工程来增加可供开发利用的水环境容量。

这方面国外已有不少研究成果和成功实例,文献对此有所介绍,大体上有以下几个方面:

1)加大枯水流量。通过兴修水库等水利建筑物,采取抽水贮存措施,或者合理调整运行来加大枯水流量,增加稀释能力。

2)采取人工复氧。利用人工增氧机、过水坝及梯级复氧、水库深水复氧和水轮机复氧等人工措施提高水体的溶解氧浓度。

3)河流专门化或修建净水湖。将区域内某一河流功能规定为承纳污水或修建蓄水的净化湖,以保证主要河流有较大容量。

4)结合生化措施。利用水葫芦等各种“环保植物”提高水体的净化能力;根据生物膜自净原理采用薄层流法和砾间接触法等提高自净效果。

我国在这方面也开始做了一些研究工作:例如天津市南排污河对提高自净能力技术

措施作了较全面的研究,提出上游采取曝气缓流沉降方法,中游河段作为“自然氧化塘”、下游采用砂滤、兼性氧化塘和放养水葫芦等综合方案;十城市及其下游山区河流自净能力的研究中,对河流生物膜净化能力作了有益的探讨;第三松花江研究了丰满水库、白山水库流量调节对自净能力的影响,得到哈达湾江段流量从  $105 \text{ 米}^3/\text{秒}$  增至  $200 \text{ 米}^3/\text{秒}$  相当于建设一座处理能力为 20 万吨的城市污水处理厂;引滦入津工程对于水资源调度和水质关系的研究;南水北调一期工程、磨石门口门闸整治工程和长江三峡水利枢纽等工程的兴建对水质的影响等。但是总的来说,这方面的工作还没有得到应有的重视,是今后应该加以重视的研究领域。

### 三、深入开展水环境容量的量化研究

#### (一)有重点地研究污染物的迁移转化规律

污染物的迁移转化规律是研究环境容量的基础,不但可以了解物质变化的内在规律,还可以找到确定各种参数的方法。在水环境容量研究中,这种研究都侧重于应用,迁移转化规律往往环绕着参数确定而开展。

可降解有机耗氧污染物的迁移转化研究比较充分。如对北京坝河 BOD 自净规律的研究。对污染物生化降解过程及特征的研究,有些研究可区分沉积物表面和上复水各自的化学和生物过程,在沱江侧重研究了氨—氮的转化规律等。在内秦淮河水中四氮(有机氮、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮)转化条件及耗氧动力学研究观察了硝化反应起动的 DO 水平。也有人对湖泊的四氮降解转化过程作了研究,建立了相应的数学模型。

除了这些耗氧有机物的迁移转化的研究外,对有毒有机物也作了一些工作。如对第二松花江和嫩江水中酚的光诱导降解进行了模拟,还对六六六在溶液中的光异构化与光化学过程作了研究,对农药—迷灭威在水中的非生物降解作了研究。与水环境容量有关的重金属的迁移转化规律文献中也类有报道,如重金属污染物在水体中的转化过程及模式,水环境重金属的化学稳定性研究。伊洛河悬浮物对重金属的净化能力的研究,在铅山河也进行了类似的工作。还有些文献较详细地研究过颗粒物对重金属的吸附过程。有的研究了重金属在河流底泥中的释放过程。已有对松花江汞的迁移作了大量的研究。

除了上述的污染物迁移转化研究外,还开展了一些藻类产氧方面的研究。在沱江用黑白瓶测氧法进行了大量时空产氧测定。并根据实测资料借助于藻类生长动力学关系式建立了浮游藻类光合作用产氧模型。

深入地开展污染物迁移转化规律的研究,才有可能对污染物在环境中的行为作出正确的判断和预测,才能使整个水环境容量研究向纵深发展。但是,污染物类型繁多,应优先考虑研究当前环境问题中急待解决的耗氧污染物的迁移转化规律的研究。对于有毒有机物和重金属应有选择地进行探索。

## (二) 加强水质模型的开发与推广使用

要定量地研究水环境容量并加以开发利用就必须应用水质模型来定量表述污染物在水环境中的迁移转化。国外随着环保工作的开展,自 60 年代以来水质模型有了很大的发展,我国近年来也大量引入国外的研究成果,并加以改进和发展。

应用得最多的是有机物污染模型,大量应用的是比较简单的 Streeter-Phelps 模型和 Thomas 模型,少数也应用了 Camp-Dobbins 模型,在沱江水环境容量研究中应用了 O'Connor 模型并对它作了改进。

以往应用较多的是天然河流上的一种稳态模型,随着研究领域的扩展和深入,多维模型、动态模型和河网模型也开始得到研究和应用。如海湾水域环境质量预测及物理自净能力分析中就广泛研究和应用了二维水质模型,少数水域中例如渤海湾,长江安庆段对三维水质模型也作了探索。在河流污染带的计算中,研究了直角坐标和累积流量坐标形式的污染带二维水质模型。在河口感潮河段的水污染研究中,黄浦江、鸭绿江等都研究应用了不同形式的动态水质模型;长江南京段、钱塘江河口、宁波角江等对非恒定污染带的计算方法作了探讨。对于河网地区的水质模型,在京津地区和运河(杭州段)等河网水域中也都作了研究,并取得了进展。

其它各种类型的水质模型也得到了重视,并有了一定的发展。如油膜输移扩散模型;重金属化学平衡模式;湖泊富营养化磷负荷模型,热污染温度模型;核电站的卷载效应等。

总的来看,近 10 年来我国水质模型的研究工作已有了很大进展。中、小河流上一般污染物的一维水质模型已比较成熟,应用也比较广泛;二维水质模型在大中型河流和河口海湾也有不少应用。从应用角度着眼,一般性的水质模型不宜再作很多低水平的重复研究,浪费很多精力来编制雷同的程序软件,而应消化已引进的国外成果,总结汇集已有的国内成果,研究水质模型的系列化和通用化,在推广应用上多下功夫。同时根据国内的实际需要,引进和开发我国迫切需要而还较少研究的水质模型,深化和推广水质模型的研究领域。如河网地区的水质模型、潮汐河段的动态模型;河口海湾可降解污染物的水质模型;排江排海的水质污染模型;湖泊水库富营养化生态模型;溢油归宿模型;有毒有机物模型等。

## (三) 发展计算机和实验相结合的参数估值方法

模型的精华在于参数,建立能应用的合理模型是很重要的,但是困难而又最耗费财力的往往还是模型参数的确定,正确确定参数是提高模型有效性的基本途径。模型参数包括设计流量、平均流速、混合输移参数等水文水力参数和降解、复氧、耗氧、沉淀等各种水质参数等。

近年来我国在模型参数上做了不少研究工作,不仅确定了一批具体的参数值,而且在研究成果中有所创新和发展。例如,用随机模型来模拟枯水过程;利用累积流量坐标来确定混合输移参数;以 S 形曲线确定 NBOD 参数;多因子研究藻类光合作用产氧与水体氧

平衡的关系和模型化;悬浮沉积物对重金属的吸附解吸速率的研究;酚的光降解速度;复氧能力的研究与预估;感潮河流的综合离散系数;影响水体氧平衡的沉积物参数的研究;底泥耗氧率的测试方法研究;氨转化室内实验确定硝化常数;水流流速对底质耗氧的影响研究等。

模型参数的研究方法上,在现场观测、室内实验和计算机识别各个方面也都有了新的进展。近年来在很多天然河流上进行了现场观测,例如沱江在 210 公里的江段上进行大规模综合的现场示踪试验,并对现场示踪试验方法有所发展;黄浦江在 113 公里的感潮河段进行了二次大规模的水文水质同步调查。现场实测一般是最可靠的,但耗资大,条件难于控制和变化;实验室模拟还是重要的手段,近年来也逐步得到重视。例如氮转化室内模拟研究;底泥耗氧的大型水槽试验;至于水动力过程和热污染的室内模拟那就不再列举了,但是无论现场实测还是室内模拟,要获得可靠的参数值必需采样的时空条件具有确切代表性,模拟的条件组合具有仿真性;而由于水质污染的复杂性,再加上财力上的限制并非都能满足,应用计算机参数估值也是比较经济而有效的办法,但是也必须和实测手段配合起来,所得到参数才能实际应用。近年来在计算机参数估值方法上也做了很多的研究并有所发展:例如阻尼最小=乘法与蒙特卡洛方法交替运用识别参数的方法;利用惩罚函数和单纯形技术进行参数识别;“计算机扫描计算-图解-梯度搜索”识别参数的研究等。

今后的研究还是要大力发展计算机和实验相结合的参数估值方法。一方面改进现场和室内的实验方法,提高仿真度和减少经济费用;一方面完善计算机方法,并研究如何和实验方法形成一个整体的综合方案。

#### 四、结束语

通过近几年来水环境容量研究工作的发展历程,可以清楚地看到水环境容量研究不仅在我国环境科学研究中牢固地扎下根,而且已经在理论上和应用上取得一批成果。

但是,摆在我们面前的工作仍然是繁重的。我国水污染问题仍然十分严峻。“六五”期间长江、黄河、珠江、松花江干流水质能达到国家地表水二~三级标准。但流经城市河段的水质普遍受到工业和生活废水的污染,长江的重庆、武汉、南京江段出现岸边污染带、城市饮用水源地的水质普遍下降,辽河实际上已经成了排污河流,据预测,1990 年长江、黄河、珠江、淮河、海滦河、松花江、辽河 7 大水系流域工业总产值将达到 8000 多亿元,接纳的污水总量将由 1985 年的 257 亿立方米增加到 338 亿立方米,大约占 1990 年全国污水总量的 72%。我们的水体能否承受得往这样的负担?与此同时,我国相当一部分地区丰富的水环境容量资源并没有充分合理利用。这就给水环境科学工作者指出这样的任务:一方面,在污染严重地区,要通过水环境容量研究,注意保护容量资源,削减排污强度,给出极限允许污染物负荷;另一方面,对具有潜在纳污能力的水体,要注意合理开发利用容量资源,给出人工治理与自然净化的合理的分担率,做到既减少污染,又节约投资,符合国情。科学地回答这些问题的任务,历史地落到我们水环境科学工作者的身上。

为了使水环境容量研究在我国水污染防治工作中进一步发挥效益,我们主张:

1) 容量理论与容量开发利用相结合,重点放在容量的合理开发利用上;

2)容量开发利用和人工治理相结合,全面贯彻我国水污染防治的基本方针;

3)容量开发利用研究要落实到实际应用上;落实到总量控制方案上,落实到水污染控制系统规划上,落实到工程建设上。这些也是我们进行“七五”水环境容量科学攻关的指导思想。

我们相信,我国的水环境容量研究不仅在理论上可以达到一个新的高度,而且在理论与实践的结合上,将会出现一批示范工程,在我国水污染防治中发挥重要的作用。



# 水环境容量研究

(水环境容量研究课题组)

“六五”国家攻关项目水环境容量研究课题是一项多学科交叉协作,各个部门相互配合的科学研究的工作。在国家环保局的领导下,组织全国 40 多个单位的科技工作者共同攻关。3 年来在沱江 200 公里江段上进行了 3 次大规模同步监测,十多次水团追踪实验,在湘江 14 公里的江段上进行 3 次不同水期的大规模采样;在深圳河 7 公里的河段上、113 公里的深圳湾上进行过三期野外作业。不仅在河流中进行了国内外都属少见的大规模现场试验,而且在广大的流域范围内作了广泛深入的环境调查。同时还在很多实验室内进行理化分析和专题研究,共取得数百万个数据。

## 一.水环境容量概论

我国引入环境容量的理论和概念已有近 10 年的历史,通过广泛的争论,认真的探索,特别是生产实践中的具体应用,已在数十条天然河流上进行过水环境容量方面的研究工作,环境容量已得到我国环境界的普遍关注,并且逐渐成为环境管理理论体系中的重要组成部分。

环境容量涉及生态平衡和地球化学循环的基本概念,是环境科学中的一个具有重要意义的基本理论问题,环境容量也是环境管理中一个急待解决的实际应用问题。

我国有众多的河流、湖泊、水库和海湾等水域,它们蕴藏着对污染物的缓冲同化能力,是一种宝贵的环境容量资源。从我国的国情出发,既有不少天然河流的污染负荷超过环境容量,又有很多天然河流的环境容量资源还有很大潜力可供开发。环境容量研究就是要合理地开发利用和保护这种环境容量资源来为环境管理服务。

我们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质”。环境目标、水体环境特性、污染物特性是水环境容量的三类影响因素。

以基准值作为环境目标的控制指标所得到的就是自然环境容量,以环境标准值作为环境目标的控制指标所得到的就是管理环境容量,管理环境容量不仅与环境的自然属性有关,而且考虑了各种社会的和经济的因素。

水体环境特征包括水体环境的类型、几何因素、水文水力学要素、生化特征等各个方面。污染物特征包括污染物的类型、污染源强的时空分布、相互作用等各个方面。由此可

①本文系水环境容量研究总报告的缩编。缩编人为张永良。

总报告主要编写执笔人为:张永良、夏奇、金相灿、陈瑞生、施为光、许振成。