

# 太湖流域水环境综合整治与生态修复

陈荷生<sup>1</sup> 宋祥甫<sup>2</sup> 邹国燕<sup>2</sup>

(水利部太湖流域水资源保护局,上海 200434;2.上海农业科学院环境科学研究所,上海 201106)

**摘要** 在分析太湖流域流域性水环境污染、河湖生态退化现状及其成因的基础上,提出立足流域、破解区域,针对河网和湖泊生态系统的特征构建流域治理方案总体框架,并确定重点治理区域和相应的目标,以典型区域治理示范、指导流域水污染控制和水生态修复。

**关键词** 太湖流域 水污染治理 生态修复

中图分类号:TV876;X524 文献标识码:A 文章编号:1006-7647(2008)03-0076-04

**Comprehensive improvement of water environment and ecological restoration in Taihu Lake Basin**//CHEN He-sheng<sup>1</sup>, SONG Xiang-fu<sup>2</sup>, Zou Guo-yan<sup>2</sup>(1. Water Resources Protection Bureau of Taihu Lake Basin, the Ministry of Water Resources of China, Shanghai 200434, China; 2. Environmental Science Research Institute, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106, China)

**Abstract**: Based on analysis of water environmental pollution and ecological degradation in Taihu Lake Basin, a general framework for a water environment improvement scheme is established with consideration of the characteristics of the river network and lake ecosystems. The key management regions as well as their responding management objectives are determined. Based on previous experience in water environment improvement in these typical regions, the regional water pollution control measures and water ecological restoration technology in Taihu Lake Basin are studied.

**Key words**: Taihu Lake Basin; water pollution control; ecological restoration

太湖流域地势平坦低洼,河网交织,湖荡洼地星罗密布,太湖位居蝶形盆地中央,是我国第三大淡水湖泊<sup>[1]</sup>。太湖流域以其优越的地理位置和自然地理环境为经济社会发展提供了有利条件,以约占全国0.4%的国土面积和3%的人口,创造了约占全国11.6%的国内生产总值和22.1%的财政收入,是我国工业化和城市化程度最高(城镇化率达73.0%)、经济最为发达、投资增长和社会发展最具活力的地区之一,在国家经济社会发展中有举足轻重的地位。

## 1 太湖流域水环境问题形势依然严峻

### 1.1 河网水质污染严重,水生态环境恶化

根据2005年流域河流水质评价,全年期水质劣于Ⅲ类的河道占89.3%,劣于Ⅴ类的占61.3%。西部主要入湖河流水质均为Ⅴ类或劣于Ⅴ类。按流域河流功能区达标分析,流域河流功能区达标率仅为11.1%。河网水系水生态退化严重,河道水环境容量消耗殆尽,生态环境受到损害,生物多样性下降。河流也已达富营养或异富营养化,水面漂浮植

物疯长,影响防洪、景观和人民日常生活。

### 1.2 水体富营养化程度加重,水生态环境退化

全年期除东太湖、湖心区、东部湖区和沿岸带外,五里湖、竺山湖、梅梁湖水质均为Ⅴ类或劣于Ⅴ类,全湖Ⅳ类水占75%左右。湖体富营养化发生、发展,除东太湖、湖心区、东部湖区和东部沿岸带为中~富营养化区外,86.8%的湖区已达富营养化,每年夏天北部湖区蓝藻水花频发,且有加重蔓延之势,近年来湖心区和南太湖也可见蓝藻水花。2007年太湖蓝藻爆发危及无锡供水安全。

### 1.3 太湖水生态环境的特点

太湖水生态环境问题突出表现为以北太湖水质恶化和蓝藻水花为表征的富营养化、东太湖的沼泽化和水生生态系统的退化。依据太湖水生态环境特点,可将太湖划分为3个区域:

a. 北部(五里湖、梅梁湖、竺山湖)重污染生态退化区。湖区水质均为Ⅴ类或劣于Ⅴ类,蓝藻水花频发,属富营养化程度高的水域。北部湖区水生态退化严重,除沿岸尚存少量芦苇间断分布外,沉水植

作者简介 陈荷生(1941—),男,江苏丹徒人,教授级高级工程师,从事湖泊治理、水资源保护、水污染防治等研究。E-mail:tbwrpb@public.sta.net.cn

物已基本消亡,浮游植物蓝藻疯长;鱼类在 20 世纪 60 年代有 160 种,目前仅有 60~70 种,洄游性鱼类几乎绝迹;底栖生物物种减少,耐污类生物种类增加,生物多样性和整体性下降;湖泊底泥沉积增厚,污染逐年加重,成为湖体二次污染源。

b. 东太湖沼泽化及生态退化区。东太湖具泄洪和供水两大基础功能,是目前太湖水质和水生态环境最好的湖区之一,湖区 95% 以上生长有高等水生植物,水质常年稳定在 II~III 类。但现今湖体沼泽化发生、发展,沼泽化程度最重的高位沼泽区和低位沼泽区面积占东太湖的 42%;轻、中、重度沼泽化湖区面积占 39.5%;无沼泽湖区面积仅占 17.7%。东太湖的过度围网养殖、生物资源的不合理利用、沼泽化过程的加速和生态系统的退化,均已危及东太湖的存亡。东太湖是太湖主要泄洪通道,沼泽化过程导致河道阻塞,大量泥沙淤积,危及流域生态的整体安全,拯救东太湖已时不我待<sup>[2]</sup>。

c. 大太湖脆弱生态区。指除北部湖湾及东太湖和东部湖区以外的广大湖区。目前水质一般为 IV 类,大部分湖区达富营养化,生态环境脆弱,处于动态变化并有变差趋势。据“十五”期间的监测资料分析,原水质较好的湖区部分指标( $TN$ ,  $NH_3-N$ )浓度有不同程度的上升,各湖区污染物浓度差异有所缩小,值得引起人们的重视。

## 2 流域水污染治理初见成效,水环境改善任重道远

### 2.1 流域水污染控制和防治初见成效

太湖流域的水污染治理在国务院及相关部委的领导和支持下,实施了太湖水污染防治“九五”和“十五”计划,三省一市协同治污,经工业达标排放、城镇污水处理厂建设、河湖清淤、全民禁磷、禽畜和水产养殖污染治理、农业示范区建设、节水控肥等先进耕作技术推广、河湖生态修复、引清释污调水工程等综合治理,使重点污染源污染物排放量得到了一定的控制, $COD_{Cr}$ 削减幅度超过 20%,在一定程度上遏制了水污染恶化趋势。

### 2.2 水环境改善任重道远并面临新的挑战

“十一五”期间流域经济社会将进入崭新的发展时期,流域水生态环境仍将面临人口增长、经济社会发展、人民生活质量提高带来的需求压力。这一时期经济发展仍将保持较快增长,城镇化进程加快,城镇人口增长率为 3%~4%。以上海为龙头,辐射全流域的长三角经济区发展态势强劲,显现跨越式和大区域整体推进式发展,因此对水资源、水安全、水环境、水景观和水生态提出了更高、更紧迫的社会需求。

a. 流域污水排放仍呈增长趋势。随着经济社会高速发展、人口增长和人民生活水平提高,污水排放量逐年增加。2005 年污水排放量为 60.4 亿 t,污径比高达 1:2.0。据预测,工业废污水排放年增长 3%,生活污水排放年增长 5%。在污水排放增长的同时,入湖污染物也呈增长态势, $COD_{Cr}$ 入湖量 1987~1988 年为 14.5 万 t<sup>[3]</sup>,2005 年达 16.68 万 t; $TN$  从 1987~1988 年的 2.8 万 t 增长到 2005 年的 4.19 万 t,2005 年  $TP$  增长到 1720 t。从近期入湖污染物量变化来看, $COD_{Cr}$ 入湖量趋于平稳和减少, $TN$ , $TP$  仍呈增加趋势, $NH_3-N$  增长较快。

b. 流域主要污染物贡献来源结构发生变化。20 世纪 80 年代以前,表现为以  $TN$  和  $COD_{Cr}$  增加为主,这与当时的区域农业发展密切相关;八九十年代以  $TP$  和  $Chl-a$  的显著增加为特征,明显受流域内工业和城市化发展及人民生活水平提高的影响;自 21 世纪以来,流域主要污染物的贡献来源结构发生显著变化, $COD_{Cr}$  主要来源于农田径流、生活污水和工业排放等; $TN$  主要源于农田径流、生活污水排放和畜禽养殖排放等; $TP$  主要源于城镇生活污水排放、农田及禽畜养殖排放等。据近期太湖地区污染物入水体量构成分析, $COD_{Cr}$  约有 1/3 来自农业面源污染, $TN$  有 1/2 以上源自农业面源污染, $TP$  主要源自生活污水和农业面源污染,各约占 1/3<sup>[1]</sup>。

c. 健康安全供水保障是流域水资源保护和水污染防治的重中之重。从总体上看目前流域水环境尚未得到实质性改善,特别是事关千万人饮用和生活用水的水源地安全供水形势严峻。由于水污染和水质型缺水,上海、无锡、嘉兴等城市水源地水质得不到保证,污染迫使水源地迁址,地处河网区的嘉兴市已难觅合格水源地,无锡市城市供水 2007 年曾发生蓝藻爆发停产事件,农村供水安全保障仍是社会主义新农村建设中迫切需要解决的民生问题。安全健康水的供给关系千万人的饮水安全和社会稳定,水源地水质保护和供水保障是流域重要而紧迫的任务。

d. 农业面源污染未得到有效控制。太湖流域内农业生产基本条件好,集约化程度较高,耕地平均化肥和农药施用量大(农田化肥平均用量为全国平均值的 2.2~2.5 倍),规模化和分散型养殖业发展快,农村居民生活污水、固体废弃物和农业生产的副产品未经处理便排入河道,增加了农业污染负荷。由于农业面源污染面大量广并具有分散性、复杂性和滞后性的特点,治理难度大,农业面源污染治理不仅缺乏适应农村经济特点的实用成套技术,更缺乏科学管理模式和长效运行机制。

3 流域水污染控制和治理的基本认识<sup>[4]</sup>

3.1 持续强化污染源控制和治理是根本

流域经济近 30 多年蓬勃发展,特别是市县以下乡镇企业迅猛发展,已占区域经济半壁江山。由于水污染治理的滞后,水体污染呈现结构性、复合性和压缩性的特点,污染源类型众多,面大量广,污染源呈集聚又相对分散分布。目前污染源控制和治理中存在的问题有 ①流域内污染源情况不甚清晰,源解析不足。污染物构成、总量、排放时空特征等情况不清,污染物发生、转移机理不清楚。②工业点源污染治理总体水平不高,以控制  $COD_{Cr}$  为初级目标,而 N、P 等有机污染指标未纳入治理目标。③工业达标排放标准低,离 V 类水标准还相距甚远,难以满足水污染控制要求。④非点源污染治理任重道远。按照控污先减污,治水先治污的技术原则,流域内近期仍应以持续强化污染源的控制和治理为第一要务。

3.2 水污染控制和治理应立足流域、破解区域

水是能量流动和物质交换的介质,各种形式的水在流域地理框架内通过河道、渠网、湖库、地下水含水系统、水工程、水生物系统等,形成一个完整复杂的水资源生态系统,具有活的生命体征概念,改变任一要素都会引起整个系统的变化。因此,水污染治理必须以流域为单元,寻准切入点,从流域和工程层面上予以概化和归类,构建流域水污染治理的总体框架和结构。针对流域自然环境特点和水污染问题,以典型区域(河道、湖泊)的治理,为流域治理提供科技支撑和工程示范,以推进流域的整体治理。所选择的区域应具有典型性,注意时空、地域的衔接,区域的辐射、指导、示范作用和科技推动力要强。水污染控制和治理应突出工程规模性,以示范工程推进流域治理。

3.3 流域水污染防治的实质是河湖水生态系统的修复和维护

水不仅是自然资源,也是生态要素,是水生态环境必然和有机的的重要组成部分,所以说水污染防治在很大程度上是水生态问题、水系统问题。太湖流域的水污染防治和生态修复与重建是在河湖生态系统受到污染损益的背景下,运用发展生态理论和生态动力学原理实施的生态工程,其本质是以工程、环境、生态相结合来解决河湖可持续发展或称“生态位”修复和整合的工程技术。因此,流域的水污染防治必须以生态的理念、方法和技术来实施,科学整合和集成物理、工程、化学和生物领域的先进成果,以生物科技为核心恢复和维系生物多样性,尽可能地恢复和创建多元化生态环境类型,建立多层次稳态

生物种群和结构,增强在外来胁迫下水生态系统的自稳性<sup>[5]</sup>。

国内外实践和理论研究都阐明,一个受污染损害严重的河流或湖泊,其治理都不可抗拒地要经历一个漫长的修复和稳定过程,以生物技术为主的生态修复,各种植物镶嵌优化组合的水生态修复工程系统其生长、结构协调、多层次稳态化都需要时间。因此,水污染治理和水生态系统的修复必须立足长治久安,切忌急功近利。

4 太湖流域水污染防治和水生态修复总体思路和方案

4.1 总体思路

太湖流域水污染防治和水生态修复的总体思路是控源减污,基础生态环境改善,生态修复和重建,改善河湖水质,建设稳态健康的水生态系统,实现人与水、人与自然的和谐共处。以流域为单元,以工程规模治理为目标,坚持六项原则:第一,流域治理与区域治理相结合,立足流域、破解区域,科学构建流域治理宏观框架和规划,寻准切入点和关键科技节点,以区域治理示范、辐射、推动流域治理;第二,点源污染治理与农业非点源污染治理相结合,点源污染治理要控源减污,提高治理标准和水平,农业非点源治理应依据“三集中”后的形势,因地制宜地强化综合治理科技攻关和技术集成与创新,大力推广成熟科技成果并推动产业化发展,立足长期定点面源污染的科技攻关,开创社会主义新农村的环境保护建设新局面;第三,陆域治理与水域治理相结合,以陆域污染控制和治理为前提,实施清洁生产并最大限度地减少污染物发生量,强化源治理并采用物理、化学或生态技术阻截控制污染物,最大限度地减少污染物排入水体量,在陆域就地治理污染物,可获事半功倍之功效;第四,河道污染控制与湖泊治理相结合,治湖先治河,治河先控源,湖泊治理要以河道污染控制为基础,将河道作为流域水污染控制和治理的主战场之一;第五,控源治污与适量生态调水相结合,在持续有效的强化源治理和水生态修复的前提下,适量调水可改善河湖的水文水动力条件和水环境,创造较好的水生态环境条件,加快河湖水质达标和总量控制进程,达到“以动制静,以清释污,以丰补枯,改善水质”的目的;第六,综合水污染治理与强化管理相结合。

4.2 技术方案

依据太湖流域经济社会可持续发展和人民生态文明日益增长的社会需求,结合自然地理条件、水系统、水污染和水环境特点,针对平原河网生态系统和

太湖湖泊生态系统各自特征,采用相应的治理技术和方案(图1)。水环境管理是流域水污染控制和生态修复技术的重要组成部分,体现了可持续发展原则、经济、社会和环境协调发展原则以及流域管理整体性原则。

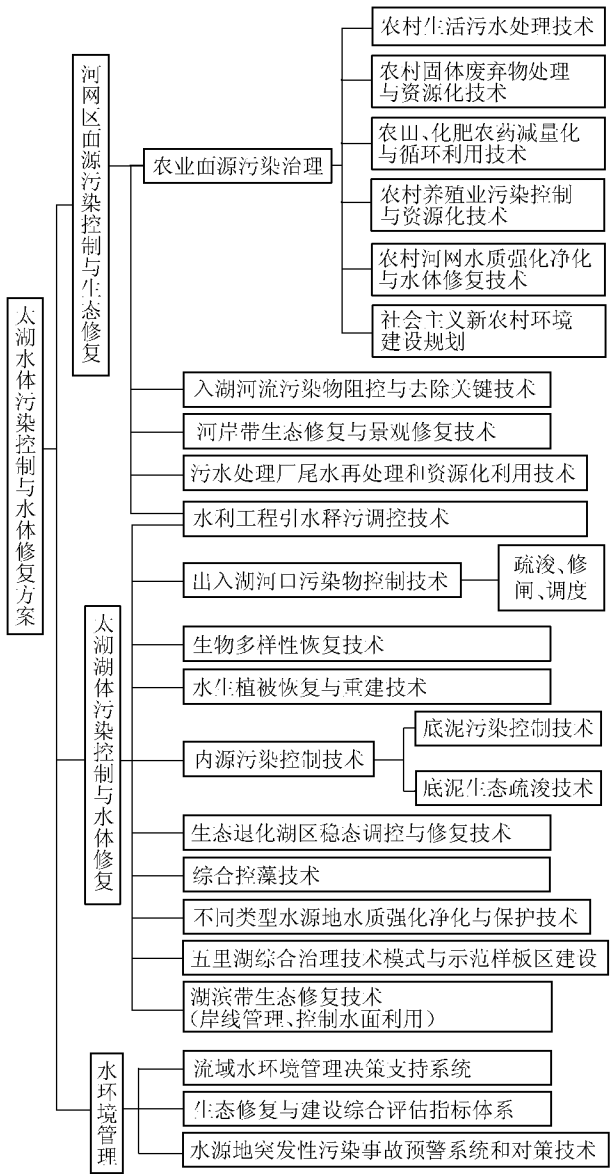


图1 太湖流域水污染控制和生态修复技术方案

4.3 重点治理区域及治理目标

a. 重污染河网区,包括太湖西北部重污染入湖河流域(直湖港、武进港、太滬运河);入望虞河重污染河流域(九里河、伯渎港、张家港等);城市重污染河流域。治理目标为:西部入望虞河河流水质明显改善,达到水功能区阶段目标水质和总量控制要求,城市河流水质达标,结合城市发展规划布局和要求,实施生态修复和景观建设,达到水清、流畅、岸绿、景美及生物多样性好,做到治理一条河,创建一处景,展示城市水生态文明。

东西苕溪水系和太浦河水系属水源性保护河流,

东西苕溪是太湖主要清水之源,太浦河是上海供水的原水河流。在强化控源治污基础上,以河流水资源保护和河流生态建设为重点,高标准地做好河流体系的水生态保护,严格功能区达标和总量控制管理。

b. 太湖水体,包括3个重点治理湖区、环太湖近城市湖滨带和饮用水源地。3个重点治理湖区:一是西北部重污染和富营养化湖区(五里湖、梅梁湖、竺山湖、贡湖);二是东部东太湖沼泽化和生态退化湖区;三是南部(近湖州)水生态环境退化湖区。太湖是无锡、苏州和上海的主要水源地,重点饮用水水源地位于梅梁湖、贡湖和东太湖,饮用水水源地污染防治和水资源保护事关国计民生,是治理工作的重中之重。治理目标为:建成并完善五里湖水污染综合治理示范样板,梅梁湖水质明显改善,贡湖水功能区提前达标,东太湖稳态健康水生态系统基本建成,湖滨带生态修复区建成生态景观带,水源地水质稳定达标。

c. 苏州、无锡、常州、嘉兴和湖州等地的城市水污染治理和流域水环境管理。针对城市水污染和水环境区域化、类型复杂和污染物多样化的特征,以控源减排为核心,强化合流污水、管网建设和污水处理厂建设并提高处理标准,像规划城市道路网和信息网一样构筑城市水网系统,加强河道综合整治和生态修复并与景观建设相结合,将城市水污染综合治理纳入流域总体水污染治理中,并将其作为重要节点,以点带面,以科技创新成果和示范工程推动全流域治理。

太湖流域水污染控制和治理历经“九五”、“十五”治理;“十一五”期间应继往开来,立足流域,重点突破,支撑发展。直面流域这一复杂开放系统,以科学发展观为指导,顺应自然,以人为本,加快水污染控制和治理进程,以满足经济社会发展和人民生活质量提高的需求,恢复和建成太湖稳态水生态系统,再唱太湖美。

参考文献:

[1] 孙顺才,黄漪平.太湖[M].北京:海洋出版社,1993:1-19 262-266.  
[2] 陈荷生.东太湖水环境保护迫在眉睫[J].水资源保护,2000(3):17-20.  
[3] 黄漪平,范成新,濮培民,等.太湖水环境及其污染控制[M].北京:科学出版社,2001:207-231.  
[4] 陈荷生.浅谈太湖流域水资源保护战略[J].中国水利,2004(16):21-23.  
[5] 董哲仁.生态水工学探索[M].北京:中国水利水电出版社,2007:1-49 225-255.

(收稿日期 2006-04-12 编辑 骆超)