第 14 卷 第 2 期
2002 年 6 月

湖 泊 科 学
JOURNAL OF LAKE SCIENCES

Vol.14,No.2
Jun.,2002

太湖流域水环境变化及缘由分析*

林泽新
(水利部太湖流域管理局,上海 200434)

提 要 太湖水环境质量在最近的十年中下降 1 – 2 个等级.1990 年 86.5% 的水体为Ⅱ、Ⅲ类,到 2000 年太湖水体 87% 为Ⅳ类;1990 年太湖水体为中 – 富营养化,2000 年太湖水体以富营养化为主.本文通过分析经济社会发展和水环境变化,认为太湖流域工业化与城市化及居民生活水平的提高,以及不合理的农业生产方式,使水环境面临巨大的压力,环保意识落后、治理能力不足、管理体制不合理是太湖目前水环境恶化的根本原因.

关键词 太湖 水环境 变化 缘由
分类号 X524

太湖流域地处长江三角洲,是我国经济社会最发达的地区之一.流域面积 36900km^2,人口 3600 万,城市化水平 50.6%.全流域 1999 年国内生产总值 8900 亿元,占全国的 11%,财政收入占全国的 16%[1].较 80 年代初,太湖流域经济总量增加了近二十倍.太湖流域水资源在支撑经济社会发展的同时,水环境明显恶化.分析流域水环境变化与流域经济社会发展的关系,对于了解流域水资源承载力,保证流域经济社会、水资源协调,调整流域产业结构,保证水资源可持续利用,保障流域经济社会可持续发展有重要的意义.

1 太湖流域水资源及利用

1.1 流域水资源量

太湖流域多年(1956 – 1979 年)平均年水资源总量为 $162\times10^8m^3$,平均产水系数约 0.38.其中多年平均地表水资源量为 $137\times10^8m^3$.因濒临长江,过境水量丰沛.长江干流多年平均下泄入海水量多达 $9360\times10^8m^3$,但本流域可利用水量受沿江引水工程规模限制.目前,苏南沿江及上海的通江河道除黄浦江干流外均已建水闸控制,所需补充的水量通过引提工程取得,其中苏南地区沿江水闸多年平均引江水量为 $45\times10^8m^3$(治太前).

太湖流域人均水资源仅 450m^3,为全国平均水资源的 1/5,流域水资源供需总体能够保持平衡,一靠从长江引水,1991 年以来又兴建了治太骨干工程,能排能引,引水能力增加,但由于引水受河网污水制约,引水量受到很大的限制,水资源需求矛盾尖锐.二是由于太湖地势平坦,下游潮汐顶托,水流缓慢,水资源利用率很高,上游农业灌溉、生产、生活、工业的回归水,是下游地区的引用水,水资源利用率高达 200% – 250%,但河网污染问题非常突出.

1.2 水资源利用

近 3 年(1997、1998、1999 年)太湖流域总用水量约 $290\times10^8m^3$.其中农业用水约 $100\times10^8m^3$,一般工业用水约 $40\times10^8m^3$,生活用水不到 $40\times10^8m^3$,火电用水约 $10\times10^8m^3$.

* 收稿日期:2001 – 06 – 12;收到修改稿日期:2001 – 10 – 15.林泽新,男,1965 年生,副总工程师.

另据1999年太湖流域水资源公报，流域总用水量为$284.8\times10^8m^3$，耗水量为$99\times10^8m^3$，回归水$186\times10^8m^3$. 其中，火电用水$106.8\times10^8m^3$，实际耗水$7.5\times10^8m^3$，回归水为$99.3\times10^8m^3$. 一般工业、农业、生活用水的回归率约50%（表1）.

2 流域水资源质量

太湖流域近年来由于经济的高速增长以及乡镇企业的繁荣，大量废污水排入江河湖泊，而污水治理速度远跟不上排污的增加，使河流湖泊水体的水质受到了严重的污染. 流域水质恶化始于八十年代初，至今水质类别普遍降低了1－2类（每十年下降一个级别），已达到全面恶化的程度，大部分水域已丧失了原来的供水和环境功能.

表1 1999年太湖流域耗用水统计（10^8m^3）

Tab.1 Water consumption in Taihu Watershed in 1999（10^8m^3）

项目	用水量	耗水量	回归水量
生活	34.22	12.38	21.84
工业	42.36	9.84	32.52
农业	101.42	69.42	32.00
小计	178.00	91.64	86.36
火电	106.84	7.48	99.36
合计	284.84	99.12	185.72

表2 1990年太湖流域河网水质

Tab.2 Water quality of river system in Taihu Watershed, 1990

评价时段	Ⅱ类	Ⅲ类	Ⅳ类	Ⅴ类	劣于Ⅴ类
汛 期	10.6%	18.9%	42.3%	17.9%	10.3%
非汛期	23.8%	25.1%	30.8%	11.2%	9.1%
全年期	21.8%	22.1%	33.7%	13.3%	9.1%

表3 1990年太湖水质*

Tab.3 Water quality of Taihu Lake in 1990

评价时期	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅴ级
汛 期	80.7%	19.3%		
非汛期	59.0%	27.5%	2.4%	11.1%
全年期	70.7%	15.8%	13.5%	

* 按GB3838－83标准分级评价.

太湖流域水污染以有机污染为主. 河网水体主要污染物为高锰酸盐指数（COD_{Mn}）、氨氮（NH_3-N）. 湖泊水体主要污染物为COD_{Mn}、总氮（TN）、总磷（TP）和叶绿素a（Chla）.

2.1 90年代太湖流域水质状况

2.1.1 河网水质 1990年太湖流域河网（评价长度1163km）水质43.9%为Ⅱ、Ⅲ类，劣于Ⅳ类占56.1%，其中Ⅳ类占33.7%，Ⅴ类占13.3%，劣于Ⅴ类占9.1%（表2）.

2.1.2 太湖水质及富营养化状况 根据1990年水质调查结果，太湖水质尚好，2－3级水占86.5%，部分区域（13.5%）有少量污染（表3）.

1990年，太湖富营养化水平整体评价为中－富营养，年均TP达0.05mg/L，TN达2.2mg/L. 其中，TP指标81.2%达中－富营养水平，2.4%达富营养水平；TN指标32.8%达中－富营养水平，67.2%达富营养水平.

2.2 2000年太湖流域水质及富营养化状况

2000年太湖流域水质按省界水体82个监测断面评价，全年期仅15%未受污染，其余85%受到不同程度的污染，主要为有机污染，主要超标项目为TP、COD_{Mn}、BOD_5.

据太湖24个监测点监测统计，2000年全年87%的监测点水质劣于Ⅳ类，其中Ⅳ类占71%、Ⅴ类占4%、劣于Ⅴ类占12%. 主要超标项目为TP、BOD_5、COD_{Mn}等. 与1990年相比，10年间，太湖水质下降了1－2个类别.

在富营养化方面，2000年太湖水体以富营养化为主. 太湖24个监测点监测数据表明，全年平均29%达中－富营养水平，71%达富营养水平. 年均COD_{Mn}达5.28mg/L，TP达0.10mg/L，

TN 达 2.54mg/L,分别超过国家规划 2000 年水质目标的 65%、100%和 154%.

2.3　近 10 年太湖水质变化

20 世纪 90 年代以来,太湖水质污染发展可分为二个阶段:90 年代初水质以Ⅱ、Ⅲ类水为主,2000 年水质以Ⅳ类为主.从 90 年代初期至今,太湖水质级别下降了 1－2 个等级,恶化趋势十分显著. 而同期太湖富营养化发展可分二个阶段:90 年代初期以中营养－中富营养为主,90 年代中期以中富营养为主(图 1).“九五”期间,国家采取各项措施,加大对太湖的治理力度,太湖流域省界水体水质恶化的状况有所缓解,环湖河流和太湖湖区水质污染状况没有进一步扩大.

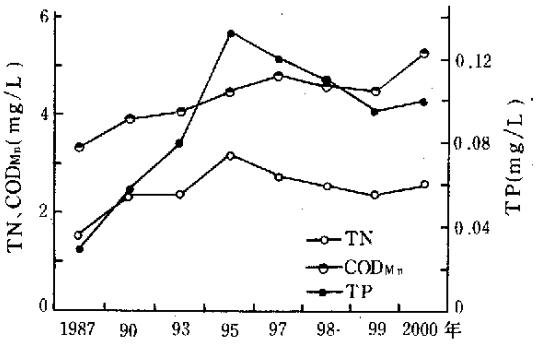

图 1　太湖总磷、高锰酸盐指数、总氮均值年际变化(1987－2000 年)

Fig.1　Change of mean annual TP, COD_{Mn}, TN indexes in Taihu Lake, 1987－2000

3　太湖流域水质恶化缘由

造成太湖地区水污染严重和水环境恶化,有多方面原因,既有人口、自然、历史方面的因素,也有经济社会方面的影响,既有主观方面的,也有客观方面的原因.如该地区人口众多,城乡居民点密集,其本身就是巨大的污染源.而流域经济的高速发展、不合理的生产生活方式的快速变化与环保意识和防治措施的严重滞后是太湖目前水环境恶化的根本原因.

3.1　工业化、城市化和现代化发展,流域用水量和废污水排放量相应增加,但污废水治理能力严重不足

1983 年太湖流域工农业总产值仅为 1350 亿元,而 1999 年工农业总产值为 31000 亿元,在这期间太湖流域经济总量增加了 24 倍.而近 20 年,城市化速度在太湖流域也十分之快,1999 年太湖流域的城市化水平已达 51%,远高于全国 31%的水平.1980 年太湖流域用水量 $226.6\times10^8m^3$,而 1999 年用水量已达到 $285\times10^8m^3$,相应工业、生活污水量从 1987 年的 36×10^8t 增加到 1999 年的 49×10^8t,为流域多年平均水资源量的 1/3.

以无锡市为例,1980 年平均每人生活用水量为 105L/d,1999 年增加到 284L/d,生活用水每天从 8×10^4t 提高到 32×10^4t.如果按排放系数 0.8 计算,城市生活污水排放量由原来 $6.4\times10^4t/d$ 增加到 $25.4\times10^4t/d$,平均每日近百吨的 COD 随污水进入河网.工业的快速发展,生产用水需求相应增加.仅来自城市自来水供水的每天生产用水量就从 1980 年的 11×10^4t,增加到 1998 年的 34×10^4t.近 20 年,无锡市工业和生活用水量增加了 3－4 倍.尽管随着技术的发展,

水的重复利用率有所提高,但因用水总量提高较快,工业废水排放量总体呈增长趋势.

目前,太湖流域污水处理率尚低于20%,因此,污水处理能力相对于废污水排放量来说严重不足.现阶段工业废水的治理仍以厂内处理为主,城市污水处理由于需要的投资大、运行费用高,建设严重滞后.从已建设的城市污水处理厂的投资和运行来看,平均每建设日处理能力10000t的污水处理厂,约需投资500万元,每运行10000t的污水处理能力约需年度运行费用为52万元.如此高昂的投资和运行费用往往难以落实,故城市污水处理进展缓慢,1998年无锡市区城市污水处理率仅44%,包括郊县在内的城镇生活污水处理率仅28%.

3.2 城市化进程加快,土地利用方式与农业生产方式变化,对水环境产生深远影响

1999年太湖流域的城市化水平为51%,远高于全国31%的水平.农村城镇化进程加快.小城镇建设在土地利用方式、土地开发规模经营等方面有重要的变化.据分析,20年来,太湖流域城镇化土地面积扩大了2800km^2,占平原土地面积的10%.

无锡市非农业人口从1980年的86.6万人增加到1999年的176.5万人,增加一倍.市区人口也从1980年的76.49万人增加到1999年的111.69万人,城市建成区扩展迅速,1988年老城区面积为34.9km^2,到1995年扩大到65.5km^2,扩大了近一倍.此外,乡村城市化发展十分迅速,1999年157.1万乡村从业人员中,从事非农业的劳动力占67.4%.在乡村非农化的带动下,建制镇数量逐年增加,1999年达107个.

城市化进程的加快,改变了土地利用方式,农业的生产方式也发生了重要变化.主要表现在以下几点:

其一,历史上太湖流域地区的土地以种桑、捕渔、养渔、种稻为主,改革开放以来随着工农业生产的发展,特别是乡镇工业异军突起,土地利用结构发生了很大变化,农业用地大量转化为工业用地.为保证农业(粮食)的总产出在总量上的相对稳定,除依靠科技进步外,不得不借助大量施用化肥、农药和除草剂.其中化肥投入对水稻、小麦产出增长的贡献额分别达10.3%和34.9%,使得本地区粮食单产达7500kg/hm^2,相当于全国平均单产的1.4倍.

其二,为提高耕地的产出效益,近些年来对农用地内部土地利用方式进行了调整,粮经种植面积比例从7:3调整到5:5,部分低洼地或水稻田被挖掘或整理为渔池,从事水产养殖业.在耕地非农化和耕地内部调整过程中,太湖水系遭到破坏,部分河流被填埋,丧失或改变了原有的生态功能,影响了水系之间的正常水体和养分交换,降低了水环境容量和对污染物的稀释吸纳能力.

其三,农业生产对水环境的面源污染以肥料的流失为主.根据以往研究成果推测,太湖流域内有机污染负荷中面源污染约占30%左右.改革开放以来,随着农村经济结构和技术结构的变化,一方面农业科技贡献率逐年提高,提高了土地产出率、劳动生产率和经济效益,另一方面,由于农村乡镇企业的迅速发展,劳动力大量转向二、三产业,一些行之有效的传统生产方式,如合理轮作、干耕晒垡、增施有机农家肥、传统的挖(河)泥作肥等不再存在,河道淤积严重.而土壤肥力下降,养分的回归与消耗不平衡,不得不增施化肥,其使用量逐年增加.有机肥与化肥的使用比例已由80年代中期的3:7演化为90年代中期的1:9.

据统计,太湖流域每亩农田施化肥38.5kg,施农药2.3kg,远高于全国平均的27.4kg和0.75kg.仅无锡市推算,全市每年流失氮2100t.农田使用化肥和农药后,农田水体中氮、磷、钾含量明显增高,如遇雨水冲刷或管水不当,通过径流进入河道,既造成营养和有效成分流失,又污

染水环境.化肥施用的广泛性、分散性、季节性和流动性等特点,使之成为水体富营养化的主要面源.

90 年代以后农业发展又出现对水域环境影响的新因素,随着养殖业的大规模发展,大量的集中禽畜饲养场傍河湖而建,大量废水直接排放,已成为流域的一大污染源.有些地方禽畜养殖的污染甚至超过了生活污染负荷.据统计,江苏省苏锡常三地禽畜养殖业就超过了一个 1500 万人口城市生活排污的总量,远远超过工业污染源的排放量.此外,水产养殖中大量使用鱼饵,增加了水体的有机质含量,加速水体富营养化.

3.3　水污染治理进展缓慢

太湖流域水质污染问题引起了党和政府的高度重视.编制了《太湖水污染防治"九·五"计划及 2010 年规划》(以下简称《规划》).《规划》将太湖污染治理工作分为近期和远期,近期又分为两个阶段,第一阶段到 1998 年底,全流域工业企业(包括乡镇企业)及集约化畜禽养殖场和沿湖的宾馆、饭店等单位排放的废水达到国家规定的标准;第二阶段到 2000 年底,集中式饮用水源地和出入湖的主要河流水质达到地面水Ⅲ类水质标准,实现太湖水体变清.远期到 2010 年,基本解决太湖富营养化问题,湖区生态系统转向良性循环.

在过去五年中,在国务院有关部门的督促下,江、浙、沪三省(市)积极组织实施《规划》,做了大量艰苦的工作.目前,流域内重点工业污染经 1998 年底"零点达标行动"后得到有效治理[2],工业污水 70% – 80%得到了控制,环湖宾馆饭店污水得到了有效控制;有一定规模的畜禽养殖场的粪便处理得到了改善;含磷洗衣粉的禁用取得了成效[3];氮肥、磷肥和农药的使用受到了限制;网围养殖面积有所缩小;对通过太湖的船舶污染问题也采取了一些措施.通过治理,太湖水质恶化趋势初步得到遏制,部分河湖水质有所好转,但太湖总体水质尚水得到明显好转,下游河网的水污染还没有得到有效控制,有的地方还有恶化的趋势.

生活污水是太湖总磷污染物的主要来源,然而在 1996 – 1998 年这三年中,对城镇生活污水处理厂的建设和运行重视不够.1998 年以后,虽然抓紧了生活污水处理厂的建设,但进展缓慢.国务院在 1998 年批复的《规划》要求,2000 年底前太湖流域应建成 96 座污水处理厂(包括 1998 年底前需建成的),工艺要求采用脱氮脱磷处理工艺.后因乡镇调整,规划的污水处理厂数目调整为 54 座,目前建成的仅 29 家,而且大多数城镇污水处理厂没有考虑专门的脱磷、脱氮工艺,处理污水量也仅达到规划处理量 $320 \times 10^4 t/d$ 的 1/3.农业面源污染控制工程,因工作难度较大,进展较缓.前置库工程,尚未实施.太湖围网水产养殖面积仍在 2533.3hm^2 以上,远超过规划要求的 1000hm^2(该项目标应在 1998 年底就已达到).

4.4　现行水质、水资源的管理体制不合理

流域水污染治理主要是由江、浙、沪三省(市)按块负责,目前缺乏一个流域的日常监督机构.环保部门是水污染治理的主管部门,并由它来实施监督管理,对企业征收排污费、超标罚款、限期治理等有效管理,而对承纳废污水的江河也未能有效管理,大量城市污水直接排入江河.此外,城市供水、排水、排污、水质的管理,分属城建、公用事业、环保等多个部门,在一个行政区域内,客观存在着"多龙管水"的问题,水管理现状是:"管水源的不管供水,管供水的不管排水、管排水的不管水体水质",最后的结果是"无人对水负责".

河道虽属水行政主管部门管理,但水行政主管部门如何防止水污染则缺乏法律依据,水行政主管部门既不能对企业实行限期治理,也不能向企业收取排污费,更无力投资建污水处理

厂,只好听任江河承纳污水.目前这种水质、水资源不能统一管理的现状阻碍着水环境治理和保护的进程.

要改变这种现象,首先在行政区域内部,要通过城市水务一体化体制的建立,来实现水资源的统一管理.只有实现了水量和水质的统一管理,才能对水资源优化配置,优水优用,也才能够真正采用综合治理的办法,治理水污染.

总之,太湖流域高速发展的工业化与城市化及居民生活水平的提高,以及不合理的农业生产方式,使水环境面临巨大的压力,环保意识落后、治理能力不足、管理体制不合理使得区域水环境持续恶化.

致谢 本文撰写参考了水利部太湖流域管理局编制的《太湖流域水资源评价》、《太湖流域片1999年水资源公报》、《太湖流域2000年水质通报》,以及中科院南京地理与湖泊研究所等有关单位的资料,谨此表示感谢.

参 考 文 献

1 林泽新. 太湖流域防洪工程建设及减灾对策. 湖泊科学,2002,**14**(1):12-18

2 黄文钰,杨桂山,许朋柱. 太湖流域"零点"行动的环境效果分析. 湖泊科学,2002,**14**(1):67-71

3 黄文钰,舒金华,高 光 等. 太湖洗衣粉"禁磷"措施削减负荷量研究. 湖泊科学,2001,**13**(1):356-360

Analysis of Water Environmental Change in Taihu Watershed

LIN Zexin

(*Taihu Basin Authority*, *Ministry of Water Resources*, *Shanghai* 200434, *P. R. China*)

Abstract

The water quality of Taihu Lake has been declined for 1-2 level in the past decade. In 1990, 86.5 percent of lake water belonged to Surface Water Level 2-3 (GB3838-88) and was from mesotrophic to eutrophic, while 87 percent of them belonged to Surface Water Level 4 (GB3838-88) and under heavy eutrophication in 2000. Through analysis of the social-economic development and water environment change in the watershed, the author suggests that industrialization, urbanization as well as shifts of irrational agricultural production style and life quality improvements contributed greatly to water quality deterioration of Taihu Lake. Moreover, irrational management system, and the lack of environmental protection idea and capacity of sewage treatment are the fundamental reasons for water environmental deteioration in Taihu Lake.

Key Words Taihu Watershed, water environment, change