

· 争鸣与探索 ·

江苏省 12 大湖泊水环境现状与污染控制建议

张利民, 夏明芳, 王春, 张磊, 陆继来

(江苏省环境科学研究院, 江苏省环境工程重点实验室, 江苏 南京 210036)

摘要: 江苏面积大于 50 km² 的 12 个湖泊的水质恶化、面积减少、富营养化、湖泊生态系统退化与湖泊受 TP、TN 的污染和围湖造田等有关。经济快速发展, 第二产业结构偏重, 排放污染的总量超过湖泊承载力, 湖泊底泥释放 N、P 及入湖河流携带污染物为造成湖泊环境问题的根本原因。建议调整产业结构, 执行严格的排放标准, 围绕重点区域、重点行业、重点企业和重点污染源治理, 由控制 COD 为主转为控制 COD 和 N、P 并重, 引水调控水质, 建立湖泊资源数据库和生态系统信息网络, 开展湖泊污染物来源分析和富营养化机理研究, 开展跨界区域统筹对湖泊综合治理。

关键词: 湖泊; 水环境; 污染控制; 江苏省

中图分类号: X524 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2008)02-0046-05

Water Environment Status of the 12 Largest Lakes of Jiangsu Province and Corresponding Suggestions on the Pollution Control Measures

ZHANG Limin, XIA Mingfang, WANG Chun, ZHANG Lei, LU Jilai

(Jiangsu Provincial Academy of Environmental Sciences, Jiangsu Key Lab of Environmental Engineering, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

Abstract There are 12 lakes with each area larger than 50 km² in Jiangsu Province. In the last years, due to serious pollution of total nitrogen and total phosphorus and reclaiming land from lakes, the water quality of the 12 lakes has descent continuously, the lakes areas has declined, degree of eutrophication has been worsening and the eco-system of the lakes has deteriorated seriously. The fundamental causes of the environmental problems of these lakes were rapid economic growth, too large proportion of secondary industry in economic structure, the quantity of pollutants in excess of capacity, the nitrogen and phosphorus released from sludge at the bottom of lakes and pollutants carried by rivers poured into these lakes. Suggestions were given such as the structure of industry adjustment, execution of restrictive emission standards, the treatment emphasis on the key areas, key businesses, key enterprises and key pollution sources shifted from COD controlling to COD and nitrogen phosphorus controlling, water transfer to improve the water quality, setting up the data base of lake resources and the information network of ecosystem. Also analysis of source of lake pollutants, research on mechanism of eutrophication and cross-boundary comprehensive management should be carried out.

Key words Lakes; Water environment; Pollution control; Jiangsu

江苏是我国淡水湖泊分布集中的省(区)之一, 境内平原辽阔, 水网纵横, 湖泊面积 6 853 km², 湖泊率 6%, 居全国之首^[1]。全省面积超过 0.5 km² 的湖泊 137 个, 其中面积超过 50 km² 的有 12 个: 太湖、洪泽湖、高邮湖、骆马湖、石臼湖、溧湖、白马湖、阳澄湖、长荡湖、邵伯湖、淀山湖和固城湖。近 30 年来, 经济的迅猛发展和人口的急剧增

长, 使得江苏地区河湖水系遭受污染。据 2005 年环境统计资料, 全省受污染水域面积超过 98%, 其

收稿日期: 2007-07-03 修订日期: 2008-01-15

基金项目: 江苏省科技基金资助项目 (BK2007269)

作者简介: 张利民 (1966-), 男, 江西赣州人, 研究员级高工, 博士后, 从事湖泊环境、有机毒物治理、环境规划等方向的环境科研工作。

中湖泊水环境恶化是突出的问题之一。

1 湖泊主要水环境问题

1.1 湖泊富营养化加剧, 蓝藻水华频频暴发

监测调查结果表明, 江苏省 12 大湖泊均已呈现不同程度的富营养化状态, 其中 7 个湖泊处于中度富营养化状态, 5 个处于轻度富营养化状态。太湖、洪泽湖、溇湖、固城湖等湖泊近年来暴发了不同程度的蓝藻水华, 直接威胁到环湖居民的生产生活用水。江苏省 12 大湖泊富营养化程度见表 1。

表 1 江苏省 12 大湖泊富营养化程度

湖泊	综合污染指数 (均值型)	污染级别	水质类别	定类项目	综合营养状态指数	富营养化程度
太湖	8.64(0.86)	中污染	劣 V	TN	62.6	中度
洪泽湖	7.97(0.80)	中污染	劣 V	TN	54.6	轻度
高邮湖	5.10(0.51)	轻污染	V	TN	53.1	轻度
骆马湖	5.97(0.60)	轻污染	IV	TP	65.6	中度
石臼湖		中污染	劣 V	TN		中度
溇湖	18.15(1.82)	重污染	劣 V	TN	63.6	中度
白马湖		中污染	劣 V	TN		中度
阳澄湖	6.60(0.66)	轻污染	V	TN	56.8	轻度
长荡湖	8.20(0.82)	中污染	劣 V	TN	62.7	中度
邵伯湖		轻污染	V	TN		轻度
淀山湖	7.07(0.71)	中污染	劣 V	TP	65.2	中度
固城湖	4.01(0.40)	轻污染	IV	TP	54.0	轻度

1.2 湖泊生态系统退化, 生态服务功能衰竭

1.2.1 湖泊面积萎缩, 自净能力和蓄洪抗灾能力衰减

20 世纪 60 年代以后, 大规模的围湖围滩造地, 不仅使湖泊面积减少, 库容减少, 而且导致湖泊湿地生态系统退化、河湖间的阻隔, 直接制约了湖泊的自净能力和调蓄洪水能力。江苏湖泊面积变化和湖泊围垦动态变化统计分别见表 2 和表 3。

表 2 江苏湖泊面积变化情况

湖泊面积 分级 A / km ²	原有湖泊		围垦湖泊		现有湖泊	
	n / 个	A / km ²	围垦 n / 个	消亡 n / 个	A / km ²	n / 个
> 1 000	2	4 673	2	0	288	2
1 000 ~ 500	2	1 254	2	1	591	1
500 ~ 50	11	1 642	10	1	449	9
50 ~ 5	41	466	25	8	129	33
5 ~ 1	83	182	24	15	44	68
<	634	221	18	17	84	617
合计	773	8 438	81	42	1 585	730

1.2.2 生物多样性下降

20 世纪 50 年代初, 江苏的主要湖泊水草茂盛, 生态系统结构合理, 功能齐全, 水体清澈, 水质优良, 珍稀名贵鱼类资源丰富。20 世纪 60 年代以后, 在湖泊人工养殖、工业污染、围湖造田等人类活动干扰下, 江苏的湖泊生态系统迅速退化。

表 3 湖泊围垦动态变化统计

湖名	原面积 A / km ²	20 世纪 50 年代		20 世纪 60 年代		20 世纪 70 年代		20 世纪 80 年代		2000 年以后 余面积 A / km ²
		建圩数 n / 座	建圩面积 A / km ²	建圩数 n / 座	建圩面积 A / km ²	建圩数 n / 座	建圩面积 A / km ²	建圩数 n / 座	建圩面积 A / km ²	
太湖	2 587.0	7	9.23	39	67.73	68	82.16	2	1.05	2 338
溇湖	253.78			19	22.71	49	84.70	5	10	146
阳澄湖	122.87	1	0.10			5	3.64	1	0.10	119
淀山湖	65.32			1	0.80			1	0.72	63

藻类大量繁殖。某些湖泊的水生植物特别是沉水植物的分布面积越来越小, 有的甚至已完全消失。湖中的初级生产者已由水生维管束植物和浮游藻类两大类, 转变为以藻类为主。太湖、洪泽湖、溇湖等湖泊中主要藻类数量变化情况见表 4。

渔业生产功能退化。湖泊生态系统的退化导致鱼类丧失良好的索饵场所, 其生栖的空间变小。渔业产量下降, 产品质量退化, 珍稀名贵品种资源减少。洪泽湖数量众多的小型杂鱼、泥鳅等是肉食

性鱼类和湿地候鸟的天然饵料, 具有重要价值。随着捕捞强度的逐年加大, 鱼类资源种类和数量大幅减少。太湖鱼类从 20 世纪 60 年代的 106 种减少到目前的 60 余种, 迴游性鱼类绝迹, 某些珍稀名特品种消失。固城湖也存在类似的问题。

1.3 江苏 12 大湖泊水质恶化, 供水安全出现危机

江苏的主要湖泊均是周边城乡的重要饮用水源, 提供丰富的生产生活用水。江苏主要的 12 个大中型湖泊, 在 20 世纪 50 年代—60 年代, 湖泊水

表 4 湖泊主要藻类数量变化 L^{-1}

藻类名称	太湖		洪泽湖		溇湖	
	1970年 ^①	2000年	1973年 ^②	1981年 ^③	1976年 ^④	1994年
蓝藻	17 186	28 7714	56 817	25 067	22 846	22 726
绿藻	683	35 586	22 115	55 857	3 962	3 794
硅藻	1 303	15 171	36 146	16 680	27 385	2 578
甲藻	25	1 929		157	1 462	3 796
裸藻	31	11 143	404	750	923	2 395
总量	19 240	351 543	115 482	98 730	56 570	95 693

① 1970 年 7 月—8 月; ② 1973 年 7 月—8 月; ③ 1981 年—1982 年; ④ 1976 年 7 月。

质优良, 环湖的农村居民可以直接取水饮用。20 世纪 80 年代后, 湖泊水质每况愈下, 部分湖泊的水质恶化明显, 如溇湖、太湖、长荡湖等。目前, 江苏主要湖泊的水质均劣于地表水 II 标准, 不适宜作为“集中式生活饮用地表水源地二级保护区”, 即江苏主要湖泊的生活饮用水源地供水功能基本丧失。

1.3.1 水质变化情况

对江苏省 50 km² 以上的 12 个湖泊开展调查和水质监测^[2-9]的结果表明, 12 个湖泊污染变化趋势各异。2001 年—2005 年, 溇湖、骆马湖、淀山湖 3 个湖泊 TP 污染呈加重趋势, 太湖、洪泽湖、长荡湖 TP 污染有所减轻, 固城湖 TP 污染基本平稳, 阳澄湖 TP 污染呈波浪状变化。溇湖和淀山湖 TN 污染呈加重趋势; 太湖、石臼湖 TN 浓度在“十五”前期有所上升, 近两年基本保持平稳; 骆马湖、阳澄湖、固城湖、洪泽湖 TN 污染总体则略呈减轻趋势。各湖泊 TP 和 TN 年度变化情况分别见图 1 和图 2。

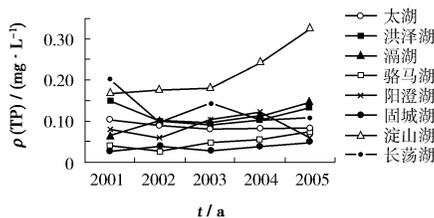


图 1 各湖泊年度 TP 变化

1.3.2 水质现状

12 大湖泊受到反映富营养化程度的 TN、TP 指标影响, 基本达不到现状水质功能要求; 该 12 大湖泊中, 7 个湖水水质为劣 V 类, 3 个湖水水质为 V 类, 2 个湖水水质为 IV 类, 主要湖泊总体水质现状堪忧。江苏 12 大湖泊水质现状见表 5。

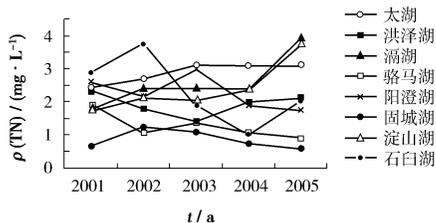


图 2 各湖泊年度 TN 变化

表 5 全省 12 大湖泊水质现状

序号	湖泊名称	所在流域	水质功能类别	水质现状	影响水质的主要污染指标
1	太湖	太湖	II	劣 V	TN, TP
2	洪泽湖	淮河	III	劣 V	TN, TP
3	高邮湖(高邮、宝应)	淮河	II	V	TN, TP
	高邮湖(金湖)	淮河	III		
4	骆马湖	淮河	III	IV	TP
5	石臼湖	长江	III	劣 V	TN、石油类
6	溇湖	太湖	III	劣 V	TN、氨氮
7	阳澄湖	太湖	III	V	TN
8	白马湖	淮河	III	劣 V	TN, TP
9	邵伯湖	淮河	II	V	TN, TP
10	长荡湖	太湖	III	劣 V	TN, TP
11	淀山湖	太湖	III	劣 V	氨氮、TN
12	固城湖	长江	II	IV	TP

1.3.3 供水安全出现危机

溇湖自 1996 年以来, 水体透明度逐年骤减; 长荡湖自 2000 年以来, 水质已由原来的 II 类水恶化到劣 V 水, 水体发黑发臭, 且发生过数十起重大污染事故, 有一年导致了所有养殖水面无收; 太湖北部水域 2007 年 5 月发生大面积蓝藻水华暴发。

2005 年江苏省湖库型饮用水源地供水量为 11.77 亿 m³ 年, 占全省供水总量的 27.3%。且湖库型饮用水源地水质达标率仅为 33.8% (II 类)。

2 江苏 12 大湖泊水环境问题产生的主要原因

2.1 经济快速发展, 产业结构偏重

12 大湖泊周边县市包括无锡市、苏州市、常州市、扬州市、淮安市(去涟水)、宿迁市(去沐阳)及 6 个县级市(高淳县、溧水县、丹阳市、睢宁县、新沂市和邳州市)。上述市县的国民总产值 2001 年为 5 142 亿元, 2005 年则增长为 10 522 亿元, 国民生产总值增幅超过 100%。同时 2001 年—2005 年, 12 大湖泊周边地区三产比例变化趋势明显, 其中第二产业比例在 53% 以上, 且持续增长, 第一产业和第三

产业的比重均持续下降。经济的快速发展和产业结构的偏重,即第二产业的高比例,加重了环境负担,成为造成湖泊水环境问题的重要原因。见图 3

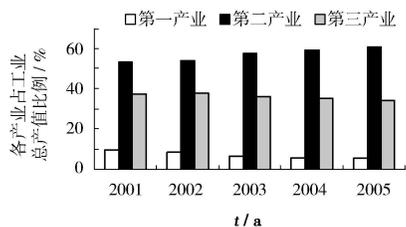


图 3 江苏省 12 大湖泊周边地区三产比例

2.2 排放污染总量超过环境承载力

12 大湖泊周边地区的污染排放总量持续偏高,总体呈增长状态,污染排放总量已超过环境容量。2000 年—2004 年 COD 和氨氮排放量见表 6。

表 6 江苏省 12 大湖泊周边地区污染排放情况

年份	2000	2001	2002	2003	2004
$Q(\text{COD})$ (万 $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)	25.85	37.33	34.37	33.29	39.95
$Q(\text{氨氮})$ (万 $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)		2.91	3.21	3.13	3.63

2.3 内源负荷

江苏部分湖泊底泥释放 N、P 量测定结果表明,单位面积 N、P 释放量的大小,与底泥中 N、P 含量基本上相一致,有的湖泊释放量虽不大,但所释放出的 N、P 物质能及时被水生植物吸收,使底泥的化学反应朝着释放方向进行,尽管其释放浓度不高,仍然很有效地使水生植物(特别是藻类)大量繁殖,促进水体富营养化发展。

长荡湖底泥平均厚度已达 0.5 m,据 1999 年、2000 年和 2002 年监测资料分析,长荡湖表层底泥中 TN 为 0.06% ~ 0.29%,平均 0.2%; TP 为 0.04% ~ 0.2%,平均 0.07%。全湖平均氨氮释放速率 1.8105 mg/hm^2 ,由于底泥释放,每年释放的 N 为 1348.0 t, P 为 37.6 t。

溇湖 2006 年底泥 TP 为 421 mg/kg ~ 1780 mg/kg 平均值为 1061 mg/kg 。全湖不同湖区底泥磷含量呈差异分布。湖心区、繁保区以及东部网围区的底泥中 TP 为 421 mg/kg ~ 800 mg/kg 仅为高值区的 1/3 ~ 1/4,属于营养水平相对较低

的区域。

2.4 外源污染压力巨大,入湖河流水质持续恶化

外源负荷主要有工业点源、农业面源、大气沉降、人工渔业养殖、游览投饵等。其中工业点源和农业面源主要通过入湖河流携带进入湖泊,是主要的外源负荷。江苏是我国经济最为发达的地区,工业发展迅速,污染排放量大、成分复杂;此外,江苏位于长江、淮河下游,接纳了上游的大量污染物。江苏还是全国人口密度最高的省份之一,城市群集中,生活污水排放量大;农业生产活动旺盛,土地利用效率高,化肥农药使用量大,对湖泊水环境构成巨大的压力。入湖河流携带污染负荷是江苏省主要湖泊水质恶化,富营养化严重的主要原因之一。

太湖江苏省境内 9 条主要入湖河流 2000 年—2005 年的污染物入湖总量见图 4。COD、TP 和氨氮 3 项主要污染物入湖总量呈小幅上升趋势。根据 2006 年环境统计数据,太湖地区工业废水排放总量、COD、氨氮排放量分别为 14.84 亿 t、15.39 万 t、1.15 万 t。主要工业排污行业为纺织染整、化学工业、造纸、钢铁等。生活污水排放总量、COD 和氨氮排放量分别为 6.59 亿 t、13.33 万 t、1.17 万 t。截至 2006 年底,太湖地区共有城镇污水处理厂 172 座,规模为 395.28 万 m^3/d 。按厂区能力估算,污水处理率可达 70%,但是建制镇污水管网配套率普遍较低,大量生活污水未经处理直接排向自然水体,现有污水处理厂还存在脱氮除磷能力较低的问题,导致入湖河流携带污染负荷居高不下。

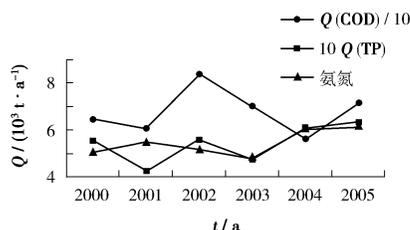


图 4 太湖江苏省境内 9 条主要入湖河流 5 年污染物入湖总量

溇湖“十五”期间污染形势非常严峻,其主要入湖河流有扁担河、夏溪河、滙里河等 10 条,年入湖水量之和占全湖总入湖水量 90% 以上。2004 年度上述河流进入溇湖的水量为 108595.8 万 t,带入的 TN 量为 4055.19 t, TP 为 324.94 t, COD 为 6522.47 t。

洪泽湖周边主要的入湖河流有 8 条, 其年入湖水量之和占总入湖水量的 98% 以上。该 8 条主要入湖河流入湖 COD 年输入量 8 52 万 t, TN 年输入量为 2 83 万 t, TP 年输入量为 942.88 t, 是洪泽湖最主要的污染物来源。

3 江苏省湖泊污染控制建议

3.1 调整经济结构, 优化产业布局

实施环保优先战略, 调整产业结构, 让江河湖泊休养生息。加快淘汰落后生产能力, 关闭浪费资源、污染环境的违法排污企业, 推动循环经济和清洁生产的发展, 促进产业结构优化升级。

3.2 严格排放标准, 坚持控源为主

针对湖泊水质恶化和富营养化现象, 从控源入手, 大力削减入湖污染负荷。深入研究江苏湖泊、河网地区的环境容量, 根据湖泊、河网的特点, 制定科学严格的排放标准, 围绕重点区域、重点行业、重点企业和重点污染源, 由控制 COD 为主转为控制 COD 和氮磷并重。执行更严格的环境准入制度和排放标准, 对现有排污企业进行管理, 加强污水深度处理, 完善中水回用机制, 严格控制污染排放。

对现有城镇污水处理厂广泛进行脱氮除磷深度处理, 对农村生活污水采取因地制宜的技术, 切实加大治理力度; 加快制订相关政策, 规范农业发展和农民的生产行为, 从源头引导农民转移单纯向土地要产量的注意力; 在重要水源保护区和流域制订执行限定性的农业生产技术标准, 严格规定施肥量和施肥时间、品种及方式; 加强农药生产、销售与使用的有效管理与监督, 倡导和鼓励农民减少农药、化肥使用量, 积极探索生态农业生产道路。

3.3 实施科学调水, 强化湖泊水体交换

引水调控是改善湖泊水环境的重要手段之一, 非过水性湖泊均可考虑采用引水调控手段。今夏之后的太湖、南京玄武湖均通过调水引流很好地控制了湖体污染。应尽快制定适用于各湖泊水环境改善的水质水量综合调控、输水水质保障的成套工程方案, 加快实施调水, 强化湖泊水体交换; 开展湖泊富营养化控制的生态需水量及时空变化、输水线路比选、水质保障、湖内优化布水及饮用水源地、藻华频发区、重要景观区的水质改善等技术攻关, 进行调水引流工程的生态效益和风险综合评估, 充分发挥引水调控工程的生态效应。

3.4 建立全省湖泊信息系统, 开展湖泊基础研究

全面开展全省主要湖泊调查, 建立湖泊资源数据库和生态系统信息网络, 开展湖泊污染物来源分析和富营养化机理研究。以太湖、洪泽湖一南一北两大湖泊作为全省湖泊环境保护的重点, 编制太湖、洪泽湖污染控制规划, 其中将溇湖、长荡湖、阳澄湖、淀山湖等列入太湖污染控制规划, 将骆马湖、宝应湖、邵伯湖、高邮湖纳入洪泽湖环境保护规划。根据湖泊的特点, 对湖泊水环境问题进行定量的目标管理, 在充分调查研究的基础上, 根据湖区水环境改善的目标、污染物来源途径, 当前的污染现状及湖区社会经济条件, 提出保护与合理利用对策, 为湖泊生态保护提供决策依据。

3.5 加大投入, 推进湖泊环境统筹整治

政府应加大资金投入, 对于全省各个湖泊呈现的不同环境问题, 针对性开展综合整治。对于富营养化严重的溇湖、骆马湖、太湖等湖泊, 要通过提高污水排放标准、污水深度处理、强化面源治理等手段, 降低氮磷污染物入湖总量, 确保水质有所改善。受上游来水影响大的洪泽湖等湖泊, 则要紧密结合淮河流域的水污染防治规划进一步加大治理力度。

区域统筹开展跨界湖泊综合治理。太湖、洪泽湖、淀山湖、微山湖、石臼湖均位于省界交界处, 对该类湖泊的环境综合整治必须打破行政界限, 制定统一的方案和标准, 统一湖泊的利用开发和污染控制, 开展区域联合治理行动。

[参考文献]

- [1] 中国科学院南京地理研究所湖泊室. 江苏湖泊志 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982
- [2] 王苏民, 竇鸿身. 中国湖泊志 [M]. 北京: 科学出版社, 1998
- [3] 竇鸿身, 姜加虎. 中国五大淡水湖 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003: 89-125.
- [4] 黄涛平. 太湖水环境及其污染控制 [M]. 北京: 科学技术出版社, 2001: 162-184.
- [5] 杨桂山, 王德建. 太湖流域经济发展、水环境、水灾害 [M]. 北京: 科学技术出版社, 2003: 89-117.
- [6] 朱松泉, 竇鸿身. 洪泽湖 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1993
- [7] 余宁, 朱成德. 过水性湖泊——骆马湖规模化养殖及生态渔业研究 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 188-217, 224-225.
- [8] 张卫星, 靳一兵, 于仲华, 等. 长荡湖水环境现状及控制措施 [J]. 环境工程, 2002, 20(2): 64-65
- [9] 纪荣平, 李先宁, 吕锡武. 太湖梅梁湾水源地中微囊藻毒素浓度的变化 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(3): 20-22.