

太湖流域平原水网区面源污染现状与控制对策

秦 忠, 耿清蔚, 臧贵敏

(水利部太湖流域管理局, 上海 200434)

[摘要] 通过对 2005 年与 2000 年入河污染物总量的分析表明, 点源在入河污染物总量中的占比逐年下降, 面源的占比迅速增加, 尤其是 TP(总磷)入河量已经超过点源; 面源污染呈“总量持平, 结构调整”态势; 面源污染物总量构成中, 农村居民生活位居第一, 其次是水产养殖、水田径流等。在面源污染成因分析基础上, 相应提出了太湖流域平原水网区面源污染控制的对策建议。

[关键词] 太湖流域; 平原水网; 面源污染; 控制

[中图分类号] X524 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2010)06-0113-04

1 前言

太湖流域位于长江三角洲核心区域, 面积 $3.69 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。主要地貌为山丘和平原, 西部为山丘区, 东部平原区约占流域总面积的 80%; 流域河道总长约 $12 \times 10^4 \text{ km}$, 密度达 3.3 km/km^2 , 是典型的平原水网地区; 流域水面率 15% 多, 其中太湖水面积 2338 km^2 。流域行政区划分属江苏、浙江、上海和安徽三省一市, 2007 年国内生产总值 2.86 万亿元^[1], 约占全国的 11.6%。

2 太湖流域面源污染形势严峻

2.1 流域水环境状况

2007 年, 流域 2508 km 评价河长中, 全年期水质劣于 III 类的河长占 85.7%, 劣于 V 类的达 64.2%^[2]; 太湖全湖平均水质的综合评价为劣于 V 类(含总磷、总氮指标), 其中氨氮为 II 类, 高锰酸盐指数为 III 类, 总磷为 IV 类, 总氮为劣于 V 类。

2.2 影响水环境主要因素

太湖流域河网水质污染与太湖富营养化进程中, 点源及面源污染是重要成因。根据计算统计, 2005 年污染物入河量 COD(化学需氧量)为 $102.71 \times 10^4 \text{ t/a}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 $9.47 \times 10^4 \text{ t/a}$, TP(总磷)为

$1.206 \times 10^4 \text{ t/a}$, TN(总氮)为 $15.41 \times 10^4 \text{ t/a}$, 与太湖流域现状水环境容量(纳污能力)相比, 污染物入河量分别是水环境容量(纳污能力)的 1.88 倍, 2.53 倍, 3.38 倍和 2.92 倍。

2.3 面源污染变化趋势

与 2000 年相比, 2005 年入河污染物总量中点源及面源的占比变化明显: TP 从 36.11% 上升到 55.73%, TN 从 30.24% 上升到 42.03% (见表 1)。表明由于流域污染治理力度的不断加大等原因, 使得点源在入河污染物总量中的占比逐年下降, 而面源分布广、治理难度大、治理效果慢, 面源在入河污染物总量的占比迅速增加, 尤其是 TP 入河量中面源已经超过点源。

表 1 太湖流域平原水网区
主要污染物入河量百分比

Table 1 Percentage of main pollution load into rivers
in plain river network of Taihu Basin

| 水平年 | 分类 | COD | $\text{NH}_3\text{-N}$ | TP | TN | % |
|--------|----|-------|------------------------|-------|-------|---|
| 2005 年 | 点源 | 66.23 | 73.49 | 44.27 | 57.97 | |
| | 面源 | 33.77 | 26.51 | 55.73 | 42.03 | |
| 2000 年 | 点源 | 68.38 | 79.33 | 63.89 | 69.76 | |
| | 面源 | 31.62 | 20.67 | 36.11 | 30.24 | |

[收稿日期] 2009-12-10; **[修回日期]** 2010-04-20

[作者简介] 秦 忠(1967-), 男, 上海市人, 高级工程师, 研究方向为水资源管理; E-mail: qinzhong@tba.gov.cn

按照这样的变化趋势,在治理点源的同时,需要加强面源防治。发达国家水污染治理历史表明,随着工业和城镇生活等点源污染的有效控制,面源已成为水体污染的主要因素。面源防治是一项长期、复杂和艰巨的任务。

据统计,2000年及2005年太湖流域平原水网

表2 太湖流域平原水网区面源污染负荷入河量构成情况

Table 2 Composition of non-point sources pollution load into river in plain river network of Taihu Basin

| 面源污染途径 | | COD _{Cr} 入河量 | | TP入河量 | | TN入河量 | | NH ₃ -N入河量 | |
|--------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|
| | | 2000年 | 2005年 | 2000年 | 2005年 | 2000年 | 2005年 | 2000年 | 2005年 |
| 城镇降雨 | 城市降雨 | 1.63 | 0.98 | 1.28 | 0.59 | 0.31 | 0.15 | 0.40 | 0.12 |
| | 城镇降雨 | 6.64 | 5.30 | 14.10 | 13.35 | 5.37 | 4.32 | 3.23 | 2.39 |
| 农田径流 | 旱地径流 | 9.11 | 8.24 | 5.13 | 4.45 | 8.28 | 5.40 | 4.84 | 3.18 |
| | 水田径流 | 16.24 | 12.07 | 11.54 | 10.39 | 23.93 | 21.45 | 22.58 | 23.48 |
| | 水产养殖 | 18.92 | 27.15 | 8.97 | 14.84 | 9.82 | 14.04 | 4.44 | 6.37 |
| | 农村居民 | 38.45 | 41.59 | 25.64 | 32.64 | 45.55 | 50.62 | 56.45 | 60.09 |
| | 畜禽养殖 | 9.02 | 4.67 | 33.33 | 23.74 | 6.75 | 4.01 | 8.06 | 4.38 |

2.4 现状面源污染的结构组成

2005年面源入河量中,总体上农村居民生活位居第一,其次是水产养殖、水田径流。畜禽养殖虽然在TP入河量中位居第二,但一方面因国家、地方早已重视,另一方面规模化畜禽养殖污染比较容易控制,5年来畜禽养殖在TP入河量中的占比已大幅下降。因此,从面源发展趋势及结构看,当前太湖流域平原水网区面源防治重点领域应是农村居民生活、水产养殖、水田径流。

3 太湖流域面源污染成因分析

面源污染的产生、迁移与转化过程是污染物从土壤圈向其他圈层特别是水圈扩散的过程,通常认为面源污染过程由降雨径流过程、土壤侵蚀过程,地表溶质溶出过程和土壤溶质渗漏过程4个环节组成。太湖流域实际情况表明,面源污染主要通过城镇降雨径流、农田径流、水产养殖、农村居民、畜禽养殖等途径进入河网湖泊,概括为城镇降雨径流、农业生产(包括种植和养殖业)、农村居民生活3个途径。

3.1 农村居民生活

目前,太湖流域正处于城乡一体化进程中,农村生活方式在改变,而生活设施未能与城市有效接轨,生活垃圾一般就地堆埋和随意堆放,不少农村小河道成为垃圾场,正在或已经被各种废弃物填埋,家庭粪便缺乏统一收集和处理,生活污水排放随意,生活居住区氮磷流失严重。研究表明,乡镇和农村居住

区面源入河量COD分别为 34.36×10^4 t, 34.7×10^4 t, TP分别为 0.78×10^4 t及 0.67×10^4 t, TN分别为 6.52×10^4 t及 6.48×10^4 t, NH₃-N分别为 2.48×10^4 t及 2.51×10^4 t。5年来,面源入河量呈“总量持平,结构调整”态势。水产养殖业与农村居民生活污染入河量百分比同步快速增长(见表2)。

点的地表径流氮磷水环境负荷量分别达到1.3~2.6 kg/(亩·年)和0.2~0.8 kg/(亩·年)(15亩=1 hm²),接近或超过农田氮磷面源排放量。

3.2 水产养殖

太湖流域水产养殖兴起于20世纪80年代,当时各级政府更多地出于丰富水产品市场的考虑,鼓励渔民从捕捞转向围网养鱼、围网养蟹。有关部门官方网站资料显示,经过20多年发展,太湖上形成近20万亩的养殖面积,涉及养殖户4018户;流域内的溇湖为8.4万亩,长荡湖为6.4万亩,位于苏州和上海之间的阳澄湖则为8.06万亩,涉及养殖户2889户。

目前,太湖流域水产品占全国水产品市场10%左右。近几年,甚至许多农田被改造为鱼塘。鱼塘补水量从2000年的近 8.0×10^8 m³猛增到2007年度的近 12×10^8 m³,这还仅仅是鱼塘消耗于水面蒸发的补充水量,若计算其改善鱼塘水质的换水量,则更是数倍于鱼塘补水量。

围网养殖的问题主要是投放饵料过剩,作为有机物的饵料沉入湖底腐烂降解后,会加剧水体富营养化。测定结果显示,围网养殖水域的氨、氮浓度明显高于非养殖水域。有学者指出,围网养殖饵料利用率仅为30%至40%。据统计,2005年度流域水产养殖污染物入河量与2000年度对比,增幅之大,增速之快足见水产养殖污染之严重(见表2),并已成为太湖水网地区湖泊富营养化、河湖水质不断恶化的直接原因。

3.3 农业耕作

太湖流域水稻区目前主要是传统水稻品种,主要的灌溉方式依然是落后的大水漫灌,大量化肥和农药在梅雨及台风暴雨时随农田径流进入河湖,污染水体。最新统计太湖地区农田肥料年用量平均为 $570 \sim 600 \text{ kg N/hm}^2$,磷肥 $80 \sim 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{hm}^2$ ^[3]。如太湖地区宜兴市近20年来在耕地面积减少1/6和复种指数显著减低的情况下,化肥的总用量提高了3倍多,单位面积的化肥用量由1978年的 199 kg/hm^2 提高到2004年的 790 kg/hm^2 ^[3],大大超过了合理施用量范围。

太湖流域耕地平均化肥施用量和农药施用量远远高于全国平均水平,高投入、高产出是当今太湖地区种植业的主要特点,过量的化肥投入提高了土壤的氮磷背景值,增加了氮磷向水体流失的风险和流失量。在全球范围内,化学农业造成的严重农业面源污染是造成有害藻华频发的一个重要原因。

3.4 养殖业

除传统型家庭养殖猪、鸡、鸭、鹅外,太湖地区还存在较多大中型畜禽养殖场,这些畜禽排放的粪、尿中含量丰富的氮磷,只有60%左右畜禽粪便于于有机肥,其余的被直接排放于环境中。以太湖为例,尽管江苏省政府在2007年无锡太湖蓝藻事件后关闭了环太湖地区的1000余家小化工厂,一定程度上减少了工业污染,但是并未能阻止2008年太湖蓝藻的再次爆发。这是因为太湖地区的农业污染状况并未得到有效治理。

4 太湖流域面源污染控制对策

4.1 生活污水分户生态化处理

生活污水主要为人粪尿与盥洗用水。目前太湖流域大部分农村居民新建房屋已经安装了现代洁具,建造了化粪池,经发酵后用作肥料,但也有较多的与其他污水一起未经处理直接排入了河道。化粪池结构简单且效果不显著,建筑年代较早的房屋没有洁具,也无化粪池。因此,考虑到农户分散居住,不适合生活污水集中处理,建议推广采用三格式为主的小型生态处理池,进行治理。

4.2 农村生活垃圾集中收集处置

结合社会主义新农村建设,坚持政府主导、部门联动、社会参与、分级负责、齐抓共管和市场运作的原则,以改善农村环境状况为目标,着力构建农村生活垃圾“户集、村收、镇中转”的形式统一收集和

转,建设垃圾收集池(箱),集中运送到镇里建设的垃圾中转站,然后转运到县城集中处理的运行体系和城乡环境卫生管理一体化新格局,在平原水网区各乡镇、各行政村、社区实现农村生活垃圾集中收运工作全覆盖。太湖流域浙江省已提出争取2012年农村生活垃圾集中收集处置率达95%,无害化处理率达到50%以上。

4.3 实施基于入河污染物总量控制的水产养殖面积总量控制

2008年5月国务院批准的《太湖流域水环境综合治理总体方案》^[4],提出了水功能区入河污染物总量控制、浓度考核的污染控制管理体系……推行绿色农业,严格限制围网养殖。其中太湖水污染重点治理区(总面积约 $1.96 \times 10^4 \text{ km}^2$,占太湖流域总面积的53%)实施水产清洁养殖工程,大力压缩太湖围网养殖面积直至全部取消围网养殖,消除围网养殖对太湖水体的负面影响,并在苏州、无锡、常州、湖州市建设池塘循环水养殖示范区,一般治理区亦建设水产养殖示范区。

为落实上述总量控制指标中的省市限排任务,建议有关省区做好本省区入河污染物指标的细化和分解工作,在排查现状年点源、面源及其入河量基础上,将入河污染物控制指标分解到重点河湖(包括太湖、望虞河、太浦河等)、市、县行政区域和重点取退水户,并提出各行政区域分阶段水产养殖面积控制指标,经本省、直辖市人民政府批准后实施和考核。

4.4 大力推广节水抗旱杂交稻

上海市农业生物基因中心在2004年培育出世界上第一例节水抗旱杂交稻,该稻在节约灌溉用水50%以上的情况下,亩产仍然达到500kg以上。2006年,太湖流域的浙江安吉深溪小流域引进该节水抗旱杂交稻。试种试验表明,节水抗旱杂交稻表现出良好的抗病虫能力,减少农药施用量67%,大大减少了面源污染;在节水60%的情况下,产量超过了500kg,大幅度减少了外排水,具有节水和减污双重作用,探索出了农业水稻种植节水减污的新路子^[5]。

太湖流域是中国历史上最主要的水稻产区。现状中等干旱条件下,流域水田灌溉用水总量达 $88 \times 10^8 \text{ m}^3$;流域水资源综合规划预测2020年、2030年中等干旱条件下流域水田灌溉需水总量将分别增加到 $98 \times 10^8 \text{ m}^3$ 及 $93 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。若全面推广节水抗旱杂交稻,节水50%就意味着中等干旱条件下,现状

年可节水 $44 \times 10^8 \text{ m}^3$, 规划年可节水 $49 \times 10^8 \text{ m}^3$ 及 $46 \times 10^8 \text{ m}^3$, 相当于太湖的总蓄水量, 亦相当于太湖流域现状年城乡居民生活用水、河道外生态环境建设用水、建筑业及服务业用水的总和。

历史上太湖供水区用水高峰期 7—8 月遭遇前期干旱少雨时, 农业、工业和生活往往发生争水现象, 若持续高温, 则易于诱发太湖蓝藻爆发, 严重威胁太湖水源地供水安全。近几年太湖流域管理局会同省市共同实施的引江济太调水, 每年投入大量资金、人力和物力, 入湖水量最多的年份也只有 $13.08 \times 10^8 \text{ m}^3$, 最少的年份仅 $1.98 \times 10^8 \text{ m}^3$, 多数年份则少于 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

水田是流域平原水网区用水消耗的第一大户, 推广抗旱杂交稻种植在节电、节能、节水、减污、防污等方面的综合效益是巨大的。

4.5 实施农业面源生态修复工程

浙江安吉深溪小流域农业面源生态修复工程设计试验, 探索了农业面源污染生态治理的方法措施。生态修复工程包括人工水塘系统、植被缓冲带系统和人工湿地系统三道治污净水设施构成, 达到污染径流分层控制, 分层净化的目的。实践表明, 通过三道净化, 河道水质明显提高, 其中总氮、氨氮、总磷水质指标降低 75% 以上, 宜以推广。

4.6 继续做好引江济太水资源统一调度

由于水网区面源分散, 治理难度大, 成本高, 收效慢, 需要内外兼修, 才能收到长效。因此, 除了抓面源治理, 外调长江清水入太湖及其周边河网, 是一项事半功倍的举措。自 2002 年以来, 太湖流域管理局和流域内省市按照温家宝总理提出的“以动治静, 以清释污, 以丰补枯, 改善水质”方针, 每年实施引江济太调水, 引长江清水入太湖等河湖, 加快水体流动, 缩短换水周期, 增加了环境容量, 加强了稀释、自净功能。改善河湖水质, 年均入湖水量约在 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右, 取得了显著的社会效益、环境效益和经济效益, 保障了流域重要城市和地区的供水安全。

参考文献

- [1] 中华人民共和国水利部. 中国水资源公报 2007[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008
- [2] 太湖流域管理局. 太湖流域及东南诸河水资源公报 2007[R]. 2008
- [3] 周小平. 太湖地区非点源污染现状及防治[A]. 水资源管理创新理论与实践[C]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006
- [4] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 太湖流域水环境综合治理总体方案[R]. 2008
- [5] 梅道亮, 叶永棋, 罗利军, 等. 节水抗旱杂交稻早优 3 号节水减污作用研究[J]. 中国稻米, 2007, (3): 31-32

Statistics and countermeasures of non-point source pollution in plain river network of Taihu Basin

Qin Zhong, Geng Qingwei, Zang Guimin

(Taihu Basin Authority of Ministry of Water Resources, Shanghai 200434, China)

[Abstract] Comparing the total pollution load into rivers in 2005 with the one in 2000, the analysis suggests that the percentage of point sources in total kept reducing year by year, and the non-point sources increased significantly, especially total phosphorus (TP) whose amount of pollution from non-point sources have already exceeded that from point sources. The total amount of pollution from non-point sources was almost equal, but its composition changed. The pollution from rural domestic sewage ranks first and the pollution from aquaculture and fields ranks second in the total amount of pollution from non-point sources. Based on the analysis of causes of non-point sources pollution, this essay gives some suggestion on the control of non-point sources pollution in plain river network of Taihu Basin.

[Key words] Taihu Basin; plain river network; non-point sources pollution; control