

太湖流域面源污染现状及控制途径

张红举¹, 陈 方²

(1. 太湖流域水资源保护局, 上海 200434; 2. 太湖流域管理局水文水资源监测局, 江苏 无锡 214024)

摘要 : 分析太湖流域面源污染现状, 归纳面源入河路径, 采用流域社会经济资料对面源污染负荷进行定量研究, 据此提出加强农业节水、减少农田养分投入、进行地表径流和渗漏养分的生态拦截等面源污染控制措施。

关键词 : 面源污染; 生态拦截; 污染控制; 太湖流域

中图分类号: X321 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2010)03-0087-04

Non-point pollution statistics and control measures in Taihu Basin

ZHANG Hong-ju¹, CHEN Fang²

(1. Taihu Basin Water Resources Protection Bureau, Shanghai 200434, China; 2. Monitoring Bureau of Hydrology and Water Resources, Taihu Basin Authority, Wuxi 214024, China)

Abstract : The present status of non-point source pollution in Taihu Basin was analyzed, the path of pollution flowing into rivers was described, and the total non-point source pollution load was studied quantitatively using the latest social and economic data. On this basis, some countermeasures for controlling non-point source pollution, such as increased agriculture water saving, reduction of farm fertilizer use, and ecological interception of nutrients from surface water and infiltration, are proposed.

Key words : non-point source pollution; ecological interception; pollution control; Taihu Basin

1 面源污染现状

太湖流域位于长江三角洲核心地区, 流域总面积 3.69 万 km², 其中太湖水体面积 2338 km²。行政区划分属江苏、浙江、上海和安徽 3 省 1 市。2005 年流域国内生产总值 2.12 万亿元, 约占全国的 11.7%。

随着太湖流域经济社会的快速发展, 流域用水量和废污水排放量大量增加, 近 30 年来流域水体水质不断下降。在 2005 年 2700 km 评价河长中, 全年期水质劣于Ⅲ类标准的河长占 89%, 劣于Ⅴ类标准的达 61%, 太湖全湖平均水质的综合评价为劣Ⅴ类(含 TP、TN 指标), 其中 NH₃-N 指标为Ⅱ类, COD_{MN}为Ⅲ类, TP 指标为Ⅳ类, TN 指标为劣于Ⅴ类。

在造成太湖河网水质污染与太湖水体富营养化的各种因子中, 面源污染的贡献不可忽视。所谓“面源污染”, 是相对于点源污染而言的, 美国清洁水法

修正案(1977)对面源污染的定义为: 污染物以广域的、分散的、微量的形式进入地表及地下水体。正是由于面源污染的这种“不确定性”, 大大增加了水环境治理的难度。据统计, 2005 年太湖流域通过面源进入河网的 COD 约为 34.7 万 t, NH₃-N 约为 2.5 万 t, 而流域水功能区纳污能力 COD 为 54.7 万 t/a, NH₃-N 为 3.7 万 t/a, 大量水环境容量被面源污染负荷占据, 由于面源污染分布范围广、控制难度大, 在水环境治理中将显著加重点源污染负荷的削减负担。

据原国家环境保护总局粗略估计, 我国水体中来自工业、生活和农业面源的污染物大约各占 1/3; 而据科技部“十五”重大科技专项“河网区面源污染控制成套技术”的调研表明, 进入太湖的污染负荷中 83% 的 TN 和 84% 的 TP 来源于农田、农村畜禽养殖业、城乡结合部地区和农村生活面源, 贡献率远远超过来自工业和城市生活的点源污染。

2 面源污染成因分析

面源污染来源比较广泛 ,其中以来自农业的面源污染最为突出 ,太湖地区农业面源污染主要包括种植业污染、养殖业污染和农村居民生活污染等。

高投入、高产出现是目前太湖地区种植业的主要特点 ,因此导致了高强度的氮磷排放。太湖流域现状农田肥料年用量平均为氮肥 570 ~ 600 kg/hm² ,磷肥 79.5 ~ 99 kg/hm² ,化肥平均利用率仅为 30% ~ 35%。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。如江苏省宜兴市近 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 199.5 kg/hm² 提高到 2004 年的 789 kg/hm² ,大大超过了合理施用量范围。同时 ,流域内高氮磷肥料用量的菜果花(蔬菜、水果、花卉)农田面积大幅度增长 ,菜果花农田上单季作物氮化肥纯养分用量平均为 568.5 ~ 1999.5 kg/hm² ,为普通大田作物的数倍甚至数十倍 ,但是氮肥利用率仅在 10% 左右 ,造成氮磷大量盈余、流失。

除传统型家庭养殖猪、鸡、鸭、鹅外 ,太湖流域还存在较多大中型畜禽养殖场 ,这些畜禽排放的粪、尿中含丰富的氮、磷。根据研究 ,牛、猪和禽类的氮排放当量分别为 60.03 kg/(a·头(羽))、4.43 kg/(a·头(羽))和 0.43 kg/(a·头(羽)) ,磷的排放当量为 13.35 kg/(a·头(羽))、2.25 kg/(a·头(羽))、0.16/(a·头(羽)) ,实际养殖中 ,只有 60% 左右畜禽粪便用作有机肥 ,其余的被直接排放于环境中。在不同养殖和管理模式下 ,水产池塘向周围水体排出氮、磷量分别为 22.5 ~ 73.5 kg/(hm²·a)和 1.9 ~ 6.6 kg/(hm²·a) ,与农田氮、磷的输出相当。而且太湖地区的许多养殖场所建于河旁湖滨 ,一些水产养殖场所甚至直接建立在河湖水体内部 ,大量氮磷直接排入水体 ,使水体富营养化的风险加大^[1]。

农村居住区内 ,由于农民的传统生活习惯简单 ,如垃圾随地丢弃、养殖牲畜方式简单、家庭粪便便疏于

管理、生活污水随意排放 ,造成生活居住区氮磷流失严重。研究表明 ,乡镇和农村居住点的地表径流氮磷水环境年负荷量分别达到 19 ~ 39 kg 和 3 ~ 12 km² ,接近或超过农田氮磷面源排放量。随着近年来太湖地区农村城镇化的迅速发展 ,农村居住区的污染不容忽视。

3 面源污染负荷评估

国外早在 20 世纪 60 年代就开展了面源污染模型的研究 ,代表模型有 :农业管理系统中的化学污染物径流负荷和流失模型(CREAM)、用于农业非点源管理和政策制定的农业非点源污染模型(AGNPS)、农田尺度的水侵蚀预测预报模型(WEPP)、流域尺度的废水负荷模型(WLM)、流域非点源污染模拟模型(ANSWERS)等^[2-3]。

1995 年太湖流域管理局利用世界银行贷款 ,与荷兰 Delft 水力研究所合作 ,将 Waste Load Model (WLM)模型应用于太湖流域面源定量化研究。

2003 年 ,河海大学在太湖丘陵地区典型小流域(宜兴梅林地区)进行了农业非点源流失规律研究。通过在流域出口断面设置矩形堰和降雨流量自动采样器 ,记录降雨、水位过程和采集水样 ,建立了区域单位面积污染物流失量与净雨深间的相关关系 ,为计算流域旱地降雨径流污染负荷提供了依据^[4]。

2005 年 ,太湖流域管理局与河海大学一起对太湖流域面污染源入河路径做了详细调研(图 1) ,针

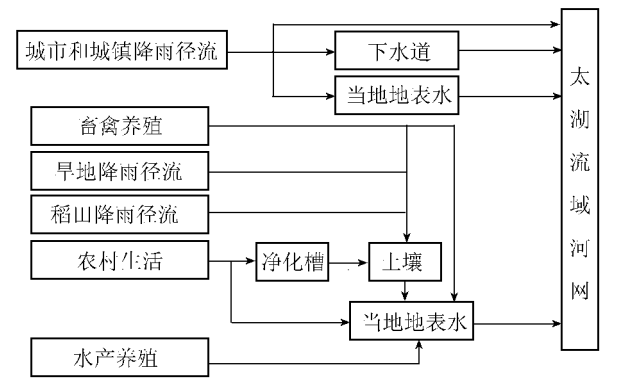


图 1 太湖流域面源污染入河路径概化

表 1 2005 年太湖流域平原区面源污染负荷入河量计算成果

类 别		COD		TP		TN		NH ₃ -N	
		入河量/ (万 t·a ⁻¹)	占总量/ % 比例	入河量/ (万 t·a ⁻¹)	占总量/ % 比例	入河量/ (万 t·a ⁻¹)	占总量/ % 比例	入河量/ (万 t·a ⁻¹)	占总量/ % 比例
城镇	城市降雨	0.34	1.0	0.004	0.6	0.01	0.2	0.003	0.1
	城镇降雨	1.84	5.3	0.09	13.4	0.28	4.3	0.06	2.4
农田	旱地径流	2.86	8.2	0.03	4.5	0.35	5.4	0.08	3.2
	水田径流	4.19	12.1	0.07	10.4	1.39	21.5	0.59	23.5
	水产养殖	9.42	27.2	0.10	14.9	0.91	14.0	0.16	6.4
	农村生活	14.43	41.6	0.22	32.8	3.28	50.6	1.51	60.2
	畜禽养殖	1.62	4.7	0.16	23.9	0.26	4.0	0.11	4.4
合 计		34.69	100	0.67	100	6.48	100	2.51	100

对面源污染负荷时空分布不均匀的特点,对 WLM 模型进行了较大改进,将太湖流域面源污染分为城市和城镇降雨径流污染、旱地降雨径流污染、稻田降雨径流污染、农村生活污染、畜禽养殖污染和水产养殖污染等 6 种类型,分别计算其流失过程。针对太湖流域设计出一种面源污染模拟模型,根据该模型计算、统计,得到太湖流域平原区 2005 年面源现状入河量(表 1)。

太湖流域平原区面源 COD 现状入河量为 34.69 万 t/a,农村生活所产生的 COD 比例最大,占 COD 入河总量的 41.6%;其次是水产养殖产污,占入河总量的 27.2%。

面源 TP 现状入河量为 0.67 万 t/a,农村生活所产生的 TP 比例最大,占 TP 入河总量的 32.8%;其次是畜禽养殖,占 23.9%。

面源 TN 现状入河量为 6.48 万 t/a,农村生活所产生的 TN 的比例最大,占 TN 入河总量的 50.6%;其次是农田径流产污,占入河总量的 26.9%。

面源 $\text{NH}_3\text{-N}$ 现状入河量 2.51 万 t/a,农村生活所产生的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 比例最大,占 $\text{NH}_3\text{-N}$ 入河总量的 60.2%;其次是农田径流产污占入河总量的 26.7%。

可以看出,各种面源污染的构成中,农村生活所产生的污染物比例最大,农村生活和农田径流是面源 TN 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的主要来源;农村生活和畜禽养殖产生的 TP 占入河总量的大部分。

4 面源污染防治措施^[5-6]

4.1 加强农业节水,减少面源污染排放

太湖流域农业用水的特点是:以水稻灌溉用水为主,其灌溉用水占农业用水总量的 90%;流域河网纵横,灌区以小型灌区为主。据调查,2004 年流域灌溉水利用系数为 0.66,农田节灌率为 48%。为有效减少面源污染排放,太湖流域农业生产应大力加强节水,以提高水的有效利用率和水的生产效率为核心,农业生产发展需增加的水量通过节水获得,农业需水总量实现逐渐下降。

根据水资源综合规划,2010 年、2020 年流域灌溉水利用系数将分别达到 0.69、0.72,农田节灌率将分别提高至 62%、74%,通过在流域全面实施农业用水量总量控制与定额管理,建设节水灌溉工程,推行先进节水灌溉技术,推进农业种植结构调整,推进太湖流域节水型现代农业建设。

4.2 科学减少农田养分的投入

根据不同农田生态系统、不同作物和不同生长时期的养分需求特征,建立养分投入的合理分配比例,减少肥料投入量,提高养分利用率。同时,配合

农作物的秸秆还田技术提高养分投入的生态和环境效益。通过建立合理的作物配置、轮作系统等,建立高效的土壤养分库系统,如在稻田通过食物链加环技术,引入适合稻田的动物生产,增加土壤养分库的保蓄能力,提高养分库的供应能力等。

4.3 实施农田地表径流、渗漏养分的生态拦截

a. 生态田埂技术。农田地表径流是养分损失的重要途径之一,目前太湖流域农耕区农田田埂普遍只有 20 cm 左右,遇到较大的降雨时,很容易产生地表径流。根据估算,在现有田埂基础上加高 10 ~ 15 cm 就可有效防止 30 ~ 50 mm 降雨时的地表径流,从而可减少大部分的农田地表径流。同时在田埂两侧可栽种某种植物,形成隔离带,在发生地表径流时可有效阻截养分,也可有效地控制地表径流的养分损失。

b. 生态沟渠技术。太湖流域大部分沟渠采用硬化技术,产生的地表径流通过硬化渠道直接排放到河流,造成河流的富营养化。因此建议将现有硬化渠道改为生态型渠道,即在硬质板上留适当的孔,使作物或草能够生长,既能吸收渗漏水中的养分,也能吸收利用径流中的养分,对农田损失的养分进行有效拦截,达到控制养分损失和再利用养分的目的。同时,在沟渠中央可布设一定的植物带,既可减缓水流的速度,增加滞留时间,提高植物对养分的利用时间,也易提高水体的自净能力。

c. 旱地系统的生态隔离带技术。将旱地的沟渠集成为生态型沟渠,同时在旱地周边建一生态隔离带,由地表径流携带而来的泥沙和养分通过生态隔离带的阻截,将大部分泥沙留在生态隔离带内,而隔离带种植的植物可吸收径流中的养分,达到控制地表径流,减少径流养分向水体排放的目的。

d. 生态型湿地处理技术。通过生态沟渠、生态拦截系统的建设,可阻截大部分农田中损失的养分,但仍会有一部分养分进入河道,可利用现有河道建设生态型人工湿地或水面人工浮岛技术,种植挺水植物、浮叶植物等,充分吸收和利用农田损失的养分。而且,水面种植的植物还可以是具有一定经济价值的品种,既改善水质,又能保证收获效益。

4.4 加强农村生活污水净化

农村居民生活污水排放是太湖流域面源污染的重要组成部分。据表 1 计算,农村居民生活污水带入河网的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 负荷量占面源总量的 60.2%,TN 达到 50.6%,因此必须采取措施有效减少农村生活污水的直接排放。根据太湖流域水网密布的实际,各地区可充分利用土地和植被的净化能力,建立湿地生态系统,截留、吸收利用农村生活污水中的氮磷、

有机物等物质,利用村镇地域的天然或人工多水塘系统或水陆交错带的自然净化生态功能,截留净化农业径流中的氮磷及有机物,在受纳水体的岸边按照不同的功能种植不同的植物带,充分发挥植物带的生态净化功能,然后将底泥还田,加强氮磷等物质在陆地生态系统中的循环,从而减少面源污染对水体的污染。

4.5 加强养殖业废物的控制

养殖业的畜禽粪便是流域面源中 TP 最主要的来源,约占总量的 23.9%,水体中大量的 TP 存在可直接引起水体富营养化,严重威胁湖泊的生态安全。因此,要积极研究畜禽粪便的处理的生物学及生态学方法,开发养殖业废物的资源化技术、复合生态工程技术、高效鱼池水资源的养分再利用技术、“鱼—菜”工程等技术,尽可能地利用废弃物中的养分和能源物质,减少或消除废弃物对环境的污染。此外,还必须根据循环经济和环境保护的要求,尽快制定有关防治畜禽污染、农村化肥、农药、农膜污染以及“白色污染”等方面的法律法规,加大执法监管力度,使环境管理走向法制化、标准化。

4.6 加强宣传和培训 提高农户的环境保护意识

要加强对农业面源污染防治的宣传,最根本的措施是要普及环保知识,加强农民教育,提高农民素质,让广大农户树立节水防污意识,改变农户乱丢垃

圾、乱排污水、对水环境不关心等不良习惯,建设环境友好型社会主义新农村。

面源污染面广、量大,单纯依靠末端控制手段,不仅耗费巨大,而且往往效果难以持久,还不易被农户理解和接受。只有通过宣传活动,调动广大农民的积极性,提高广大农民的环境保护意识,让他们自觉参与到防治面源污染的行动上来,从源头上控制住面源污染,才是解决农业面源污染的长久之计。

参考文献:

- [1]周小平.太湖地区非点源污染现状及防治[C]//房玲娣.水资源管理创新理论与实践.北京:中国水利水电出版社,2006:508-512.
- [2]张红举.农业非点源污染模型研究概况[J].江苏环境科技,2002,15(2):37-39.
- [3]张宏华,李蜀庆,杜军,等.农业面源污染模型 AGNPS 的应用现状及在我国应用的展望[J].重庆环境科学,2003(12):7-9.
- [4]张荣保,姚琪,计勇,等.太湖地区典型小流域非点源污染物流失规律:以宜兴梅林小流域为例[J].长江流域资源与环境,2005(1):18-19.
- [5]杨林章,王德建,夏立忠.太湖地区农业非点源污染特征及控制途径[J].中国水利,2004(20):29-30.
- [6]刘文英,姜冬梅,陆根法.太湖面源污染控制工程及其融资机制[J].环境保护,2005(8):19-20.

(收稿日期:2008-03-20 编辑:高渭文)

(上接第 32 页)

b. 预防措施。①实施污染物排放总量控制,对垃圾渗滤液进行净化处理,净化后的渗滤液要做到达标排放^[9],并开辟新的垃圾处理场,以减少冯村垃圾场污染物的排放量。②保护开采层位,防止供水井开采层位被上部或附近水质不良的地下水或地表水混入,为此在施工建井过程中,须用黏土球或快速凝固的水泥砂浆进行严格止水。

4 结 语

冯村垃圾场位于湛江市地下水循环系统的补给区,其附近地形切割强烈,包气带自净能力差,浅层潜水与中深层承压水之间的水头差较大,潜在污染中深层承压水的可能,是湛江市地下水系统的脆弱区,其周边浅层潜水已受到一定程度的污染,且有污染中深层承压水的危险。建议有关部门高度重视,采取有效措施,做好冯村垃圾场污染地下水的防护工作,保护好湛江市的地下水资源。

参考文献:

- [1]梁靖,郑玉琼.广东湛江冯村垃圾场对浅层地下水污染评价与防治对策[J].地质灾害与环境保护,2009(3):63-64.
- [2]梁靖.广东湛江冯村垃圾场对湛江市地下水资源污染防治对策初步研究[J].地下水,2007(5):88.
- [3]张宗祜,李烈荣.中国地下水资源:综合卷[M].北京:中国地图出版社,2004:276-289.
- [4]水利部水资源管理司,水利部水资源管理中心.建设项目水资源论证[M].北京:中国水利水电出版社,2005:149.
- [5]中华人民共和国地质矿产部.地下水动态监测规程[S].北京:中国标准出版社,1995.
- [6]林学钰,廖资生.地下水管理[M].北京:地质出版社,1995:138-143.
- [7]殷昌平.地下水资源勘查与评价[M].北京:地质出版社,1993:78-131.
- [8]潘青,乔光建.饮用水源中氮类污染物处理的研究进展[J].水资源保护,2006,22(S1):16-19.
- [9]李尉卿.环境评价[M].北京:教材出版社,2003:38-48.

(收稿日期:2009-09-13 编辑:徐娟)