

## 太湖上游典型区域农业非点源污染排放负荷估算

周俊<sup>1</sup>, 翟康<sup>2</sup>, 周游<sup>1</sup> (1.常州市环境科学研究院, 江苏常州 213022; 2.常州市环境信息中心, 江苏常州 213022)

**摘要** 通过收集解释基础数据资料, 参考污染排放负荷系数, 对太湖上游典型区域武进区农业种植、畜禽养殖、水产养殖和农村生活污染排放负荷进行估算。结果表明, 太湖上游区域农村生活污染排放负荷最为严重, 畜禽养殖是 TP 污染排放负荷的主要来源。在此基础上, 针对性提出污染防治技术措施, 为探索太湖水环境综合整治和调控提供科学参考。

**关键词** 太湖上游; 农业; 非点源; 排放负荷; 估算

中图分类号 X 508 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)24-0097-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.24.029



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Estimation of Emission Load of Agricultural Non-point Source Pollution in Typical Region of Taihu Lake Upstream Area

ZHOU Jun<sup>1</sup>, ZHAI Kang<sup>2</sup>, ZHOU You<sup>1</sup> (1.Changzhou Academy of Environmental Science, Changzhou, Jiangsu 213022; 2.Changzhou Environmental Information Centre, Changzhou, Jiangsu 213022)

**Abstract** Based on collecting data and selecting emission coefficients, emission loads of various types of pollution sources i.e., agricultural cultivating, livestock and poultry breeding, aquatic farming and domestic pollution were estimated in Taihu Lake upstream area. The results showed that domestic pollution emission load was the most serious, however livestock and poultry breeding was the main source of TP pollution emission load. On this basis, the targeted technical measures for pollution prevention and control were proposed, as a scientific reference to regulate and control water environment of Taihu Lake.

**Key words** Taihu Lake upstream area; Agriculture; Non-point source; Emission load; Estimation

常州市武进区属于太湖上游西北部, 平原河网密布, 水系纵横交错, 是太湖污染负荷的重要来源区, 强化区域水污染防治防控措施, 对改善太湖水质、缓解湖体富营养化起着举足轻重的作用。非点源污染是指溶解性或固体污染物在大面积降水和径流冲刷作用下汇入接纳水体而引起的水体污染<sup>[1]</sup>。研究表明, 随着常州市对其太湖流域区污染专项治理的整体推进, 点源污染排放得到有效控制和削减, 农业非点源污染成为流域及其主干河道的重要污染源<sup>[2-3]</sup>。同时国内外大量统计研究也表明, 相对于点源污染, 非点源污染对氮、磷等营养盐类污染物的贡献率更大, 甚至占主导地位<sup>[4-7]</sup>。因此, 研究太湖流域农业非点源污染负荷排放的核算方法, 是摸清区域水污染源汇、进一步探索太湖水环境综合治理技术和调控政策的基础性工作。

农业非点源污染主要来源于农业种植、畜禽养殖、水产养殖、农村生活等方面<sup>[8-9]</sup>。目前, 对农业非点源污染负荷核算的方法主要有两大类: 一是模拟污染物迁移过程, 在局部区域通过构建输出模型, 结合水文水质实测数据, 预测流域非点源污染负荷排放量<sup>[9-11]</sup>; 二是通过各影响因子的产排污系数, 结合基础调查数据资料, 估算大尺度范围非点源污染负荷排放量<sup>[12-13]</sup>。前者应用模型核算较为准确, 但应用范围较小, 且对野外监测和技术手段要求较高; 后者利用各因子系数估算, 更侧重于占比和趋势分析, 但覆盖尺度范围较大, 基础数据资料相对易得。太湖流域河网密集, 水系汇流复杂, 主要河道节点闸泵密集且调控规律难以摸清, 给模型构建造成诸多不确定因素, 因而农业非点源污染负荷

估算更适用大尺度范围的产排污系数法。笔者以太湖上游典型汇水区为研究单元, 通过对农业生产活动中各因素的产排污负荷进行估算, 关注区域农业面源可能对太湖造成的氮、磷污染输出影响, 为合理调控农业生产结构提供依据支撑。

#### 1 资料与方法

**1.1 研究区域概况** 武进区位于常州市南部、太湖平原西北(31°20' ~ 31°48' N、119°40' ~ 120°12' E), 国土总面积 1 065.26 km<sup>2</sup>, 境内地势低平, 河网纵横交错, 区域内有滆湖、阳湖、宋剑湖等自然湖泊, 养殖水域面积 60 km<sup>2</sup>, 适宜于鱼、蟹、虾、蚌等水产养殖。武进区属亚热带北缘, 光温适宜, 雨水充沛, 土地肥沃, 物产丰富, 全区耕地面积 316 km<sup>2</sup>, 东部雪堰、潘家低山丘陵地区盛产茶叶和桃、梨、葡萄等水果, 中部嘉泽是花木之乡。2017 年平均气温 17.4 °C, 降水量 1 495.4 mm, 日照时数 2 108.6 h。

同时, 武进区也是靠乡镇企业非农化实现工业化起步的“苏南模式”区, 厂村融合发展的现象较为突出, 城镇人口密度大、工农业生产发达、国民经济产值高, 但也造成区域污染源复杂、负荷强度高问题。“十一五”以来, 武进区作为太湖上游典型代表性区域, 成为国家水专项课题持续关注研究的重点区域。

**1.2 数据资料获取** 研究流域尺度上的农业非点源污染, 需综合考虑自然和社会经济的双重交互作用<sup>[13]</sup>, 数据资料的获取需全面可靠。该研究畜禽养殖、水产养殖、农村生活等调查数据的获取, 主要通过查阅汇总武进统计年鉴(2017 年度数据)和利用全国第二次污染源普查数据成果(表 1)。农业种植不同类型及面积, 主要利用目视解译法对 2017 年度分辨率为 15 m 的 Landsat 8 卫星遥感影像进行解译, 并统计不同土地利用类型面积。

**基金项目** 国家水体污染控制与治理科技重大专项“武南区域河湖水系综合调控与生态恢复技术集成与示范”(2017ZX07202-006)。

**作者简介** 周俊(1980—), 女, 重庆人, 工程师, 硕士, 从事环境监测、环境科研、环境管理等工作。

**收稿日期** 2019-05-23

表1 武进区2017年度基础数据

Table 1 Basic data in Wujin District in 2017

项目 Item	数量 Number	数据来源 Data sources
种植面积 Planting area//万 hm <sup>2</sup>	旱地	11 173
	水田	6 010
	果园	4 469
	花木林地	7 371
	菜地	2 653
畜禽存栏量 Livestock stock//头/只	牛	150
	猪	115 579
	鸡	2 675 000
水产养殖面积 Aquaculture area//hm <sup>2</sup>	鱼类	1 869
	虾蟹	1 747
人口 Population//人	农村	554 781
	城镇	405 325

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 污染排放负荷估算方法。

**1.3.1.1 农业种植污染负荷。**根据解译得到的土地利用类型面积与各土地利用类型的产污系数相乘,得到不同农业种植土地利用类型的年污染负荷量。

**1.3.1.2 畜禽养殖污染负荷。**将不同类型的畜禽统计数量与畜禽养殖的产污系数相乘,得到畜禽养殖年污染负荷量。

**1.3.1.3 水产养殖污染负荷。**将不同类型水产养殖面积与水产养殖的产污系数相乘,得到水产养殖年污染负荷量。

**1.3.1.4 生活污染负荷。**将2017年武进区城镇和农村人口数量分别与生活污染的产污系数相乘,得到区域生活污染年污染负荷量。

**1.3.2 污染排放负荷系数确定。**污染负荷系数主要通过查阅太湖流域农业非点源污染产排相关研究文献<sup>[8,13-16]</sup>,同时结合第一次全国污染源普查《畜禽养殖业产污系数与排污系数手册》《水产养殖业污染源产污系数手册》《城镇生活源产污系数手册》《农业污染源肥料流失系数手册》等确定(表2~5)。

表2 不同土地利用类型产污系数

Table 2 Pollutant producing coefficients of different land use patterns

土地利用类型 Land use type	kg/(hm <sup>2</sup> ·a)		
	COD	TN	TP
旱地 Dry land <sup>[13]</sup>	35.00	7.59	0.64
水田 Paddy field <sup>[13]</sup>	87.00	34.10	1.75
果园 Orchard <sup>[13]</sup>	76.00	19.91	1.51
花木林地 Flower woodland <sup>[13]</sup>	10.88	3.10	0.15
菜地 Vegetable field <sup>[13]</sup>	65.00	20.53	1.30

表3 不同畜禽养殖类型的产污系数

Table 3 Pollutant producing coefficients of different types of livestock and poultry breeding

畜禽种类 Livestock and poultry species	kg/(头或只·a)		
	COD	TN	TP
牛 Cattle <sup>[13]</sup>	367.08	98.70	19.45
猪 Pig <sup>[14-15]</sup>	18.25	10.95	3.07
鸡 Chicken <sup>[13]</sup>	0.28	0.06	0.03

表4 不同水产养殖类型的产污系数

Table 4 Pollutant producing coefficients of different types of aquaculture

水产种类 Aquatic species	kg/(hm <sup>2</sup> ·a)		
	COD	TN	TP
鱼类 Fish <sup>[13]</sup>	500	30	3.0
虾蟹 Shrimp and crab <sup>[13]</sup>	250	6	1.0

表5 生活污染产污系数

Table 5 Pollutant producing coefficient of domestic activities

污染类别 Pollution category	kg/(人·a)		
	COD	TN	TP
农村 Rural <sup>[13]</sup>	7.15	1.78	0.14
城镇 Town <sup>[13]</sup>	25.18	4.23	0.34

### 2 结果与分析

分别计算不同类型农业非点源污染排放负荷,结果如表6和图1所示,总体而言武进区农业非点源污染排放负荷中,农村生活是最主要污染来源,其COD、TN和TP污染负荷占比分别达到区域总负荷的71%、58%和31%;畜禽养殖是区域TP污染负荷的最主要来源,占比达到区域TP排放总负荷的64%;农业种植和水产养殖引起的污染排放不突出。

农村生活污染中,城镇人口虽数量少于农村人口,但污染贡献却明显大于农村人口。畜禽养殖污染中,养猪造成的污染排放负荷远远大于其他。农业种植类型污染中,水田面积小于旱地、花木林地,但其污染贡献却明显较高,尤其TN排放负荷较高。

表6 2017年武进区农业非点源污染排放负荷

Table 6 Emission load of agricultural non-point source pollution in Wujin District in 2017

污染负荷类型 Pollution load type		COD	TN	TP
农业种植 Agricultural planting	旱地	391	85	7
	水田	523	205	11
	果园	340	89	7
	花木林地	80	23	1
	菜地	172	54	3
小计	1 506	456	29	
畜禽养殖 Livestock and poultry farming	牛	55	15	3
	猪	2 109	1 266	355
	鸡	749	161	80
小计	2 913	1 441	438	
水产养殖 Aquaculture	鱼类	935	56	6
	虾蟹	437	10	2
	小计	1 371	67	7
农村生活 Rural life	农村	3 967	988	78
	城镇	10 206	1 715	138
	小计	14 173	2 702	215
合计 Total	19 964	4 666	690	

### 3 结论与建议

**3.1 结论** 通过开展太湖上游典型区域武进区的数据资料解译收集,利用污染负荷排放系数,对大尺度范围污染负荷排放进行估算,结果表明,在太湖上游这类经济发达、人口稠

密的地区,农村生活所造成的污染排放负荷最为严重,同时随着城镇化水平提高和人们消费追求的提升,城镇生活污染排放负荷权重变大。畜禽养殖业污染管控取得实效,随着上游入湖区域对畜禽养殖污染管控力度不断加大,其污染排放负荷

水平较 10 年前明显降低<sup>[13]</sup>。农业种植结构中,“江南鱼米之乡”的特征明显,水田的污染排放负荷占比较大,对总氮排放贡献较高;花木种植作为武进特色农业值得推广,其种植面积虽大于水田,但各项污染指标负荷均处于最低水平。

农业种植 畜禽养殖 水产养殖 农村生活

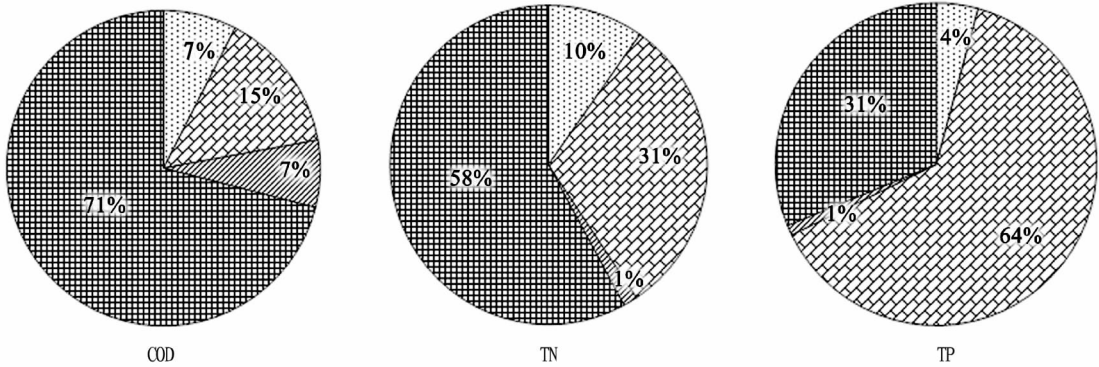


图 1 武进区不同类型农业非点源污染排放负荷占比

Fig.1 Load percentage of various agricultural non-point source pollution in Wujin District

3.2 对策建议

(1)重点针对农村生活污染为农村非点源污染精准施策,加快城镇居民相对集中居住区的污水收集管网建设,增加城镇污水处理能力。在村民分散居住区,积极开展生活污水沼气净化、生态湿地等分散式处理工程技术研究,推广成套成熟技术。

(2)持续规范畜禽养殖,继续清退禁养区内分散养殖户,引导规模化养殖场迁迁入宜养区。不断加大畜禽污染防治力度,现有各类畜禽养殖场固废实施必须规范化处置,实现污染物排放浓度和总量双达标。积极推广种养结合循环利用技术,建立以种植业为基础、养殖业为中心、污染减量转化为纽带的生态养殖业,运用生态系统工程方法,因地制宜发展经济与生态良性循环的可持续发展养殖模式。

(3)农业种植方面,推广品种结构优化技术,大力推广花木种植的区域特色种植产业。推广集成型化肥增效技术,延缓氮肥转化和损失,提高作物对氮肥的吸收利用,提倡绿肥种植、精准测算、科学施肥,施肥时间与植物生长供肥高峰衔接,最大限度减少肥料用量,提高化肥利用效率。

参考文献

[1] 张淑荣,陈利顶,傅伯杰.农业区非点源污染敏感性评价的一种方法[J].水土保持学报,2001,15(2):56-59.

[2] 陈丽娜,吴俊锋,凌虹,等.武宜运河水系氮磷污染来源解析及控制对策[J].中国水运,2015,15(12):152-154.

[3] 赵婷婷,李秋艳,陆丽巧,等.漕桥河小流域平原河网地区水环境污染分

析[C]//全国农村清洁能源与低碳技术学术研讨会论文集.北京:中国农业工程学会,2011:474-479.

[4] QUAN W M, YAN L J. Effects of agricultural non-point source pollution on eutrophication of water body and its control measure [J]. Acta ecologica sinica, 2002, 22(3): 291-299.

[5] YOUNG R A, ONSTAD C A, BOSCH D D, et al. AGNPS: A nonpoint source pollution model for evaluating agricultural watersheds [J]. Journal of soil and water conservation, 1989, 44(2): 168-173.

[6] BOERS P C M. Nutrient emissions from agriculture in the Netherlands, causes and remedies [J]. Water science and technology, 1996, 33(4/5): 183-189.

[7] 中华人民共和国环境保护部. 第一次全国污染源普查公报 [EB/OL]. (2010-02-11) [2014-09-20]. [http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/qtjgb/qgqtjgb/201002/t20100211\\_30641.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/qtjgb/qgqtjgb/201002/t20100211_30641.html).

[8] 李翠梅,张绍广,姚文平,等.太湖流域苏州片区农业面源污染负荷研究[J].水土保持研究,2016,23(3):354-359.

[9] 唐肖阳,唐德善,鲁佳慧,等.汉江流域农业面源污染的源解析[J].农业环境科学学报,2018,37(10):2242-2251.

[10] 黄国如,姚锡良,胡海英.农业非点源污染负荷核算方法研究[J].水电能源科学,2011,29(11):28-32.

[11] 吕川,刘德敏,刘特.辽河源头区流域农业非点源污染负荷估算[J].水资源与水工程学报,2013,24(6):185-191.

[12] 段华平,刘德进,杨国红,等.基于清单分析的农业面源污染源强计算方法[J].环境科学与管理,2009,34(12):58-61.

[13] 刘庄,李维新,张毅敏,等.太湖流域非点源污染负荷估算[J].生态与农村环境学报,2010,26(S1):45-48.

[14] 高波,颜晓元,姜小三,等.太湖地区农业源污染核算研究进展[J].湖泊科学,2014,26(6):822-828.

[15] 杭小帅,彭兆弟,庄巍,等.太湖流域农业非点源污染负荷特征分析[C]//2015年中国环境科学学会学术年会论文集.北京:中国环境科学学会,2015:5024-5031.

[16] 彭兆弟,李胜生,刘庄,等.太湖流域跨界区农业面源污染特征[J].生态与农村环境学报,2016,32(3):458-465.

(上接第 96 页)

[14] 张来宾.车桑子和三种大戟科药用植物的化学成分及生物活性研究[D].上海:复旦大学,2012:5-10.

[15] 奚蓉.金沙江乌东德水电站评价区陆生植物资源现状与潜力评价研究[D].武汉:华中师范大学,2011:13-26.

[16] 萨蒂 T L.层次分析法:在资源分配、管理和冲突分析中的应用[M].许

树柏,译.北京:煤炭工业出版社,1988:10-21.

[17] 杜广明,沈向群,杨智明,等.基于 AHP 的辉河国家级自然保护区野生植物资源观赏价值评价[J].北方园艺,2011(6):94-99.

[18] 朱纯,代色平.广东野生观赏植物资源开发利用的综合评价[J].广东园林,2008,30(4):9-13.

[19] 张佳平,丁彦芬.中国野生观赏植物资源调查、评价及园林应用研究进展[J].中国野生植物资源,2012,31(6):18-23,31.