

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2014.05.009

镇江金山湖水体污染源解析

谢家国¹, 苏航², 解清杰², 陈志刚², 陈军静²

(1. 镇江市水利投资公司, 江苏 镇江 212000; 2. 江苏大学环境与安全工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘要:分析了2012年金山湖各监测段的水质情况,并对金山湖水体污染源进行解析。结果表明,运粮河入流水质较差,金山湖TN值超标;降雨地表径流是金山湖的第一大污染源,并且城镇地表径流所产生的污染物的负荷及浓度要远高于农田地表径流;由于截污工程的实施,工业生产废水与城镇生活污水对污染的贡献率较低。

关键词:水质分析;污染源;地表径流;金山湖

中图分类号:X524;X501 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2014)05-0052-04

Analysis of water pollution sources in Jinshan Lake, in Zhenjiang

XIE Jiaguo¹, SU Hang², XIE Qingjie², CHEN Zhigang², CHEN Junjing²

(1. Zhenjiang Water Conservancy Investment Company, Zhenjiang 212000, China;

2. School of the Environment, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The water quality of several monitoring sections in Jinshan Lake in the year 2012 and water pollution sources of the lake were analyzed. The results show that the water quality of inflow of the Yunliang River was poor and TN in Jinshan Lake exceeded the standard. The surface runoff was the largest source of pollution of Jinshan Lake water. The pollutant load and concentration of surface runoff in the town were far higher than those in the farmland. Due to the implementation of sewage interception projects, industrial wastewater and urban sewage contributed little to the pollutants.

Key words: water quality analysis; pollution sources; surface runoff; Jinshan Lake

镇江市地处江苏省西南部,长江下游南岸,北纬31°37′~32°19′,东经118°58′~119°58′,市区面积154.56 km²,属亚热带湿润季风气候。镇江市降水充沛,多年平均降水量1 376 mm^[1]。镇江市的金山湖水面积约8.8 km²,占镇江城市水系水面的80%以上。引航道闸与焦南坝水利枢纽完工后,金山湖与长江水体的交换水量与交换频率减少,夏季高温环境下可能出现富营养化现象,甚至可能出现蓝藻水华,因此,金山湖水体水质需要合理调控。本文就金山湖水体水质现状及污染源进行分析,旨在为改善金山湖水环境提供参考。

1 金山湖基本概况

1.1 污染源现状

金山湖由原来的镇江港港池形成,原与长江自然连通,两岸分布有大量的工业企业,是镇江城市经济的重要组成部分。由于金山湖水环境质量问题逐渐得到重视,镇江老港池码头和部分污染企业已经外迁,这给金山湖水环境质量的改善提供了有利的条件。但是,金山湖四周目前仍然分布有工厂和企业,与金山湖连通的运粮河和虹桥港仍是重污染河道,是金山湖主要的污染源。降雨期间,江滨污水截流泵站的排污和沿江污水截流井的溢流,成为金山

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07102-001);江苏省水利厅科技项目(2012086)

作者简介:谢家国(1968—),男,工程师,主要从事水污染控制研究。E-mail: davidshshsh@163.com

通信作者:苏航,硕士研究生。E-mail: sc251038569@126.com

湖水水质恶化的点源。金山湖岸边堆放的垃圾和金山湖区域分布的大量鱼塘,是造成金山湖水水质恶化的面源。古运河、运粮河和虹桥港是与金山湖相通的3条主要城市河流。自1993年开始,在古运河、运粮河两岸的局部地区实施了污水截流工程,原先直接排入河道的污水被截留,大大改善了这两条河流的水环境。但是,这些地区仍然存在生活污水直排的现象,尚有部分管网的溢流和雨水径流进入金山湖。

1.2 污水收集现状

镇江市1993年开始建设污水截流工程,2003年建成了古运河、运粮河、金山湖3个截流系统和7个污水(雨水)提升泵站以及征润洲污水处理厂。镇江主城区现状排水管道多为合流制管渠,约占所有排水管道数量的53.0%,而在新建地区、旧城改造区及道路改造区实行分流制排水管道。目前镇江主城区排水管道总长约646.384 km,属于市政管养的排水管道长474.368 km,排水管道密度为2407 m/km²,管网普及率为80%。在镇江虹桥港区域,新建的米山路、禹山北路已按分流制建成独立的污水管网^[2]。

2 研究方法

本研究依据基础调研数据和镇江环境监测站提供的金山湖水体质量监测数据,对2012年1—12月金山湖主要监测断面的水质和污染源进行分析,并结合当地实际情况,根据污染源污染物的排放总量和产污系数,来分析各污染源对金山湖的污染贡献度^[3]。

3 研究结果

3.1 主要污染指标质量浓度情况

图1为金山湖水域水系流向图。金山湖水域3条主要河流为运粮河、虹桥港和古运河,引航道为金山湖引清换水的主要闸口,3条河流及引航道与金山湖连通区域都由闸站控制。对金山湖不同湖区监测点的水体水质进行对比,可以定性地识别金山湖污染的主要来源。图2为2012年金山湖不同监测

断面的COD、TP、TN质量浓度变化情况。监测时各闸站处于关闭状态,这些数据能反映各河流与金山湖连通处的水质情况。

从图2(a)可以看出,金山湖各监测段COD的空间分布区别较大。除11月以外,运粮河处的COD质量浓度全年都处于最高值,引航道与古运河的COD质量浓度均值较接近,焦南坝处COD质量浓度值较低且保持平稳。此外,除焦南坝COD质量浓度值保持平稳以外,5月、8月金山湖各监测段的COD质量浓度值都较高。金山湖各监测段TP基本处于地表水环境质量Ⅲ类水质标准左右,除运粮河处在3—5月较高,全年各监测段TP质量浓度值比较平稳(图2(b))。对不同监测段TN质量浓度值进行对比分析,发现金山湖TN污染较严重,在地表水环境质量Ⅳ类及Ⅴ类水质标准以上,其中TN质量浓度最高值基本都出现在运粮河段(图2(c))。可见,作为景观湖泊及镇江市备用水源地,金山湖的水质已经受到TN的严重影响。

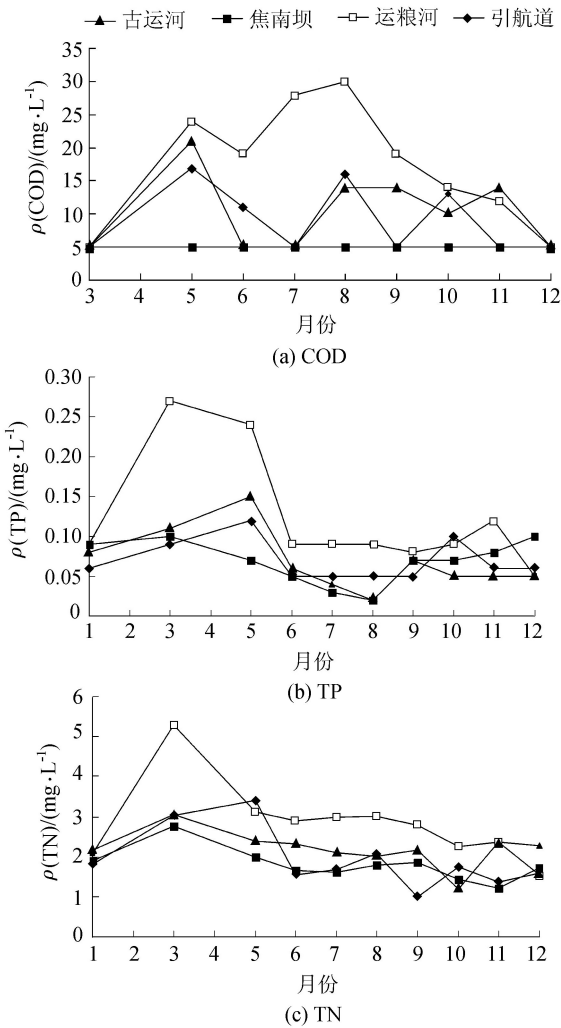


图2 2012年金山湖主要监测段COD、TP、TN质量浓度变化情况

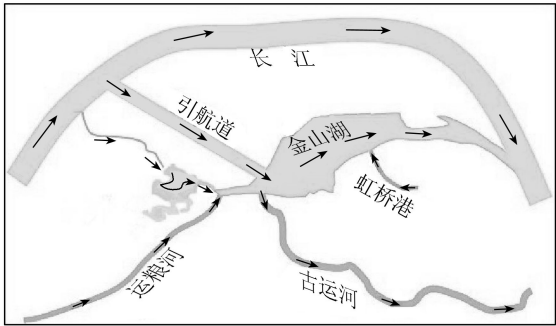


图1 金山湖水系流向

3.2 污染源

3.2.1 工业废水

镇江地处长江与京杭大运河的交汇点,水陆交通畅通,经济发达,化工生产是这座城市最大的产业之一。截污工程实施前,在金山湖沿岸分布着 25 个工业生产废水排放口,每年向金山湖内排放 116.0 万 m³ 的工业生产废水,废水中的 COD、TN 及 TP 分别达 454.5 t/a、98.4 t/a、4.8 t/a。近几年截污工程实施后,工业生产废水的入湖量有了较大幅度的减少,截污率达到 70% 左右。目前,每年入湖废水量为 35.0 万 m³,废水中含有的 COD、TN 及 TP 分别为 136.4 t、29.5 t 和 1.4 t^[4]。

3.2.2 生活污水

据统计,长居于金山湖流域的用水人口达到 43.8 万,结合当地居民的生活方式与消费水平,每人用水量为 200 L/d。考虑到用水的部分流失,人均排水量一般以用水量的 85% 估算。对生活污水的收集率,镇江市在城乡两地存在较大差异。在城镇,地下污水管网较为发达,生活污水得以截留净化后再排放,污水的收集处理率可以达到 99% 以上。而在农村,由于没有发达的排水管网,或管网多为直排式,使污水直接进入水体,污水收集率不到 60%。综合考虑城乡两地的人口差异以及流域截污工程的实施情况,计算生活污水排放量时生活污水年平均收集处理率取 95%。为获取镇江市城镇生活污水中各污染物质量浓度,本研究对金山湖流域内几个特征居民区进行了采样监测,取以下平均值作为污染物质量浓度值:COD,300 mg/L;TN,40 mg/L;TP,5 mg/L。

3.2.3 降雨径流

镇江市属于沿江型城市和河网地区城市,地表径流带来的非点源污染已经成为城市水体污染的主要来源之一。镇江年平均降雨量为 1 376 mm,常年平均气温 15.5℃。根据土地利用现状,金山湖流域面积 98.46 km²,其中农田面积 38.64 km²,城镇面积 59.82 km²。污染物的质量浓度参考相近地区的经验值和实测值。农田地表径流和城镇地表径流在产流系数上存在较大的差异,城镇产流系数为 0.70。农田绿地产流系数为 0.35^[5](表 1)。

表 1 农田地表径流与城镇地表径流的差异

地表径流	汇水面积/ km ²	产流系数	污染物质量浓度/(mg·L ⁻¹)		
			TN	TP	COD
农田	38.64	0.35	1.5	0.4	40
城镇	59.82	0.70	6.0	1.2	150

3.2.4 大气沉降

镇江市化工企业发达,大气受其影响,城区大气环境质量整体处于轻度污染状态^[6]。参照已有研

究成果并结合镇江市实际状况,监测获得不同污染物的沉降量,见表 2。

表 2 金山湖大气污染物沉降量 kg/(km²·a)

污染物	总沉降量	湿沉降量	干沉降量
TN	4 536	3 274	1 262
TP	428	105	323
COD	26 845	19 682	7 163

3.3 主要污染源贡献率

根据金山湖污染源污染物的排放总量及产污系数,参考相关文献^[7-8],计算得到 4 种主要污染源所产生污染物的年排放入湖量,见表 3。由表 3 可知,由降雨地表径流产生的入湖污染物量较大,每年向金山湖排放 TN、TP 与 COD 分别高达 186.9 t、38.3 t 与 4 693.6 t。与降雨地表径流相比,其他各污染源污染物排放入湖的量要小得多。由于 2010 年全部截污工程实施后^[9],镇江市企业废水均被城市污水截流工程截留,统一处理后再排放,而生活污水通过城市污水处理厂收集处理,故工业生产废水与城镇生活污水所产生的污染物排放量较小,两者 COD 的排放总量仅为降雨地表径流的 1/9,其 TP 与 TN 的排放总量也远小于降雨地表径流。大气沉降污染物的 TN、TP 与 COD 的排放入湖量分别为 39.9 t/a、3.8 t/a 与 236.2 t/a。

表 3 主要污染源所产生污染物的年排放入湖量 t

污染源	COD	TP	TN
工业生产废水	136.4	1.4	29.5
城镇生活污水	407.7	6.8	54.4
降雨地表径流	农田地表径流	372.2	3.7
	城镇地表径流	4321.4	34.6
	总计	4693.6	38.3
	大气湿沉降	173.2	0.95
大气沉降	大气干沉降	63.0	2.85
	总沉降	236.2	3.8

4 种主要污染源对污染物的贡献率见图 3。

从图 3 可以看出,降雨地表径流为金山湖水体污染的第一大污染源,其对 COD、TP 及 TN 的贡献率分别为 87%、75% 和 60%;其次为城镇生活污水,对 COD、TP 及 TN 的贡献率分别为 7%、14% 和 18%。由于流域截污工程的实施,工业生产废水得到有效截留,对金山湖水体污染的贡献率较小,除对 TN 贡献率稍高外,对 COD 和 TP 的贡献率均在 5% 以下。由于镇江市空气质量状况处于轻度污染状态,大气沉降对各污染物的贡献率处于城镇生活污水与工业生产废水对各污染物的贡献率之间,其对 COD、TP 及 TN 的贡献率分别为 4%、8% 和 13%。可见,面源污染对金山湖水体的污染及影响越来越严重,已成为镇江城市水体水质恶化的主要原因之一。

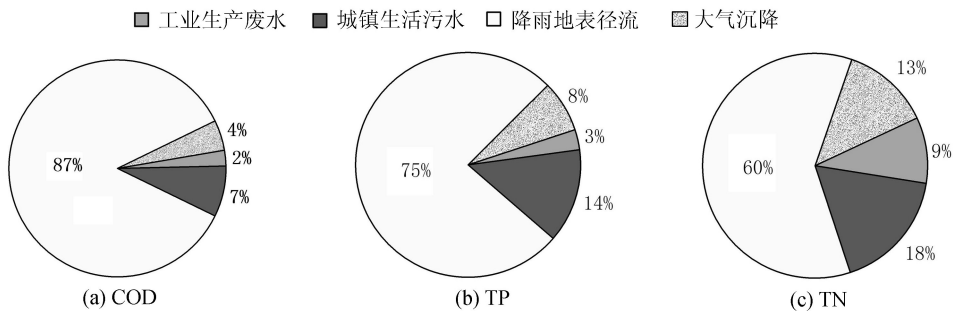


图3 4种主要污染源对COD、TP、TN的贡献率

就降雨地表径流来讲,两种不同下垫面的地表径流对金山湖水体污染的贡献率也存在较大差异。城镇地表径流中COD、TP及TN浓度分别占到全部径流污染物的92.07%、90.33%与92.51%(图4),城镇地表径流污染物的负荷及浓度要远高于农田地表径流,这与Sartor的研究结果^[10]相吻合。同样,大气干沉降与大气湿沉降对水体污染的贡献也存在一定的差异。COD与TN主要源于大气湿沉降,分别占总沉降量的73.33%与72.18%,而TP主要源于大气干沉降,大气干沉降产生的TP占总沉降量的75%(图5)。

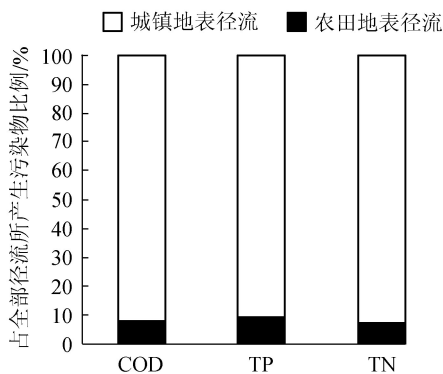


图4 不同地表径流对污染物贡献的对比

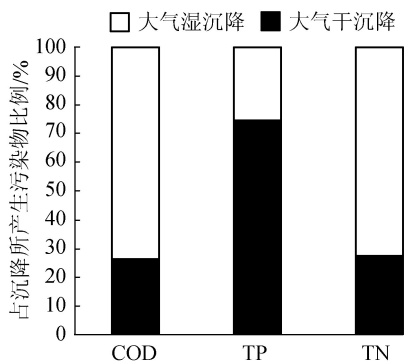


图5 大气干、湿沉降对污染物贡献的对比

4 结论

a. 综合对比3种常规污染物指标(COD、TP、TN)在金山湖各监测段的质量浓度变化情况,发现金山湖长江入流与湖泊出流段水质相对较好,3种指标在运粮河入流处的质量浓度都较高,说明金山

湖受内陆河流排放的污水影响较大;3月各监测段的各污染物指标质量浓度都处于较高值,尤其TN值较高,氮污染严重,表明金山湖水质较差。

b. 在现有的污水收集管网条件下,工业生产污水与城镇生活污水被有效截流,金山湖点源污染得到有效控制。工业生产污水与城镇生活污水对金山湖的COD、TP、TN的贡献率分别为9%、17%、27%。

c. 镇江市属于沿江型城市和河网地区城市,降雨地表径流对金山湖的COD、TP、TN贡献率分别为87%、75%、60%,是金山湖最大的污染源。其中城镇地表径流占主体,城镇地表径流中COD、TP、TN含量分别占全部径流污染物的92.07%、90.33%与92.51%。针对金山湖降雨径流产生污染的问题,优化金山湖闸站调度,对保护金山湖水质意义重大。

参考文献:

- [1] 镇江市环境监测中心站. 镇江市生态环境状况评价报告[EB/OL]. [2012-12-12]. http://hbj.zhenjiang.gov.cn/zwgk/hjzk/hjzl/sthjzl/zjsstzhfxbg/201212/t20121213_837534.htm.
- [2] 镇江市建设局. 镇江市城市“十一五”排水规划[EB/OL]. [2008-07-22]. http://jsj.zhenjiang.gov.cn/xxgk/fzgh/200908/t20090805_156358.htm.
- [3] 张爱平,杨世琦,易军,等. 宁夏引黄灌区水体污染现状及污染源解析[J]. 中国生态农业学报,2010,18(6):1295-1301. (ZHANG Aiping, YANG Shiqi, YI Jun, et al. Analysis on current situation of water pollution and pollutant sources in Ningxia Yellow River Irrigation Region[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(6): 1295-1301. (in Chinese))
- [4] 何峰. 闸坝型水体水质变化趋势研究:以镇江金山湖为例[D]. 镇江:江苏大学,2012.
- [5] 孔莉莉,张展羽,孟佳佳. 若干农田降雨地表径流计算方法述评[J]. 水利水电科技进展,2010,30(2):82-86. (KONG Lili, ZHANG Zhanyu, MENG Jiajia. Review of urediction methods for surface runoffs from rainfall in farmlands[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2010,30(2):82-86. (in Chinese))

(下转第80页)

low doses of organophosphorus pesticides [J]. Medical Recaptitulate, 2010(6) :847-849. (in Chinese))

[3] 叶春,王云鹏. GIS 支持的珠江三角洲农业面源污染时空分析[J]. 农机化研究,2007(2) : 40-43. (YE Chun, WANG Yunpeng. Spatio-temporal analysis of agriculture non-point pollution in Pearl River Delta based on GIS[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2007(2) : 40-43. (in Chinese))

[4] 安太成,陈嘉鑫,傅家谟,等. 珠三角地区 POPs 农药的污染现状及控制对策 [J]. 生态环境,2005,14 (6) : 981-986. (AN Taicheng, CHEN Jiaxin, FU Jiamo, et al. The pollution situation and control strategy of persistent organic pollutants in the Pearl River Delta, China [J]. Ecology and Environment, 2005, 14 (6) : 981-986. (in Chinese))

[5] 李秀芬,朱金兆,顾晓君,等. 农业面源污染现状与防治进展[J]. 中国人口·资源与环境,2010(4) :81-84. (LI Xiufen,ZHU Jinzhao, GU Xiaojun, et al. Current situation and control of agricultural non-point source pollution[J]. China Population, Resources and Environment, 2010(4) : 81-84. (in Chinese))

[6] 张荧,刘昕宇,刘胜玉,等. 一种地表水中痕量苯胺在线监测技术 [J]. 光谱实验室,2013,30 (5) : 3261-3264. (ZHANG Ying, LIU Xinyu, LIU Shengyu, et al. A new technology of on-line monitoring of trace aniline in surface water [J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2013,30(5) : 3261-3264. (in Chinese))

[7] 陈光,刘廷良,孙宗光. 水体中 TOC 和 COD 相关性研究 [J]. 中国环境监测,2005,21 (5) : 9-12. (CHEN Guang, LIU Tingliang, SUN Zongguang. Research of the correlation between TOC and COD in water [J]. Environmental Monitoring of China, 2005, 21 (5) : 9-12. (in Chinese))

[8] 周兰影. 水体 TOC、COD、BOD 相关性分析及应用 [D]. 长春: 吉林农业大学,2002.

[9] 百拇医药网. 专家发现一种常用除草剂可引起青蛙雌雄同体 [EB/OL]. [2013-09-29]. <http://www.100md.com/Html/Dir0/16/01/69.htm>.

[10] 欧盟. 欧盟饮用水水质指令 (98/83/EC) [EB/OL]. [2013-09-29]. <http://www.docin.com/p-288325806.html>.

(收稿日期:2013 - 10 - 30 编辑:高渭文)

(上接第 55 页)

[6] 王钰,于法展,尤海梅. 镇江市大气环境质量综合评价 [J]. 云南地理环境研究,2011,23(3) :89-93. (WANG Yu, YU Fazhan, YOU Haimei. Atmospheric environment quality evaluation of Zhenjiang City [J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2011, 23(3) :89-93. (in Chinese))

[7] 河海大学环境学院. 镇江水环境质量改善与生态修复技术研究及示范技术研究报告 [R]. 南京:河海大学, 2006.

[8] 马倩,冯昕. 河道入湖污染物质计算精度分析 [J]. 湖泊科学,2012,24(5) :663-666. (MA Qian, FENG Xin. Calculation precision of pollutant load of rivers [J]. Journal of Lake Sciences, 2012, 24 (5) : 663-666. (in Chinese))

[9] 解清杰,何锋,董小波,等. 内江水环境容量目标控制措施分析 [C] // 中国环境科学学会. 中国不同经济区域环境污染特征的比较分析与研究学术研讨会论文集. 北京:中国环境科学学会,2009.

[10] SARTOR J D, BOYD G B. Water pollution aspects of street surface contaminants [M]. Washington D C: The United States Environmental Protection Agency, 1972.

(收稿日期:2013 - 11 - 17 编辑:彭桃英)

(上接第 72 页)

[7] 姚恩瑜,何勇,陈仕平. 数学规划与组合优化 [M]. 杭州:浙江大学出版社,2001.

[8] KOLDA T G, LEWIS R M, TORCZON V. Stationarity results for generating set search for linearly constrained optimization [J]. SIAM Journal on Optimization, 2006, 17: 943-968.

[9] KOLDA T G, LEWIS R M, TORCZON V. Optimization by direct search: new perspectives on some classical and modern methods [J]. SIAM Review, 2003, 45: 385-482.

[10] KOLDA T G, LEWIS R M, TORCZON V. A generating set direct search augmented Lagrangian algorithm for optimization with a combination of general and linear constraints [R]. Williamsburg: College of William & Mary, 2006.

(收稿日期:2013 - 11 - 29 编辑:彭桃英)

