

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2016.02.026

阳澄湖入湖河道水质变化及污染物通量分析

杨 惠¹, 陈 江², 谈剑宏¹

(1. 江苏省水文水资源勘测局苏州分局, 江苏 苏州 215000; 2. 苏州西塘河引水工程管理所, 江苏 苏州 215000)

摘要:分析阳澄湖主要入湖河道的近几年的水质状况,找出水质较差的几条河流以及主要的污染物指标,计算其入湖污染物通量,并进行趋势分析;比较分析外围进入准保护区的污染物通量和准保护区直接入湖的污染物通量的大小,找出污染物来源的主要区域及各河道各项污染物通量比重。结果表明:阳澄湖主要入湖河道水质无恶化趋势,基本维持在原有水平;阳澄湖西湖的主要入湖河道中,污染物通量主要来自里塘河;近 5 年准保护区直接入湖的总污染物通量大于外围入准保护区的总污染物通量;准保护区内 $\text{NH}_3\text{-N}$ 通量的年均增长率最大,是主要污染指标。

关键词:水质变化;污染物通量;趋势分析;污染物来源;通量比重;阳澄湖

中图分类号:X502 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2016)02-0129-04

Analysis of water quality change and pollutant flux of river channels into Yangcheng Lake

YANG Hui¹, CHEN Jiang², TAN Jianhong¹

(1. Suzhou Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Suzhou 215000, China;
2. The Management Institute of Xitang River Diversion Project of Suzhou City, Suzhou 215000, China)

Abstract: The status of water quality of the main river channels into Yangcheng Lake in recent years was analyzed. Several rivers with inferior water quality were found out, and the main pollutant indices were determined. Tendency analysis was conducted through calculation of the pollutant flux into the lake. The areas of major pollutant sources and the proportions of pollutant fluxes of the river channels were determined by comparing the pollutant fluxes of peripheral access to the quasi-protection areas and those of the quasi-protection areas directly into the lake. The results show that the water quality of major river channels into the lake levels off and there is no tendency of deterioration. Moreover, the pollutant flux of the western part of the lake mainly comes from the Litang River, and in the past five years the total pollutant flux of the quasi-protected areas directly into the lake has been greater than that of peripheral access to the quasi-protected areas, where the average annual growth rate of $\text{NH}_3\text{-N}$, which is the main pollution index, is the highest of all the pollutants.

Key words: water quality change; pollutant flux; tendency analysis; pollutant sources; proportion of flux; Yangcheng Lake

我国重点流域治理经验表明,湖泊一旦污染,有的将不可逆转,治理成本巨大。保护湖泊生态环境具有重要意义^[1-2]。开展湖泊生态环境保护试点,是贯彻落实“让江河湖泊休养生息”战略思想的重要举措,是维护国家湖泊生态安全的重要保障。对于有明显出入湖河道的湖泊来说,研究其入湖水质、计算入湖污染物通量,可有助于找出污染物来源,为湖泊治理提供有效的方法。

1 区域概况

阳澄湖南北长约 17 km 东西宽约 11 km,面积为 118.93 km²。湖中有 2 条东北-西南走向的狭长半岛,把阳澄湖分为东湖(约占总面积的 44.08%)、中湖(约占总面积的 29.03%)和西湖(约占总面积的 26.89%),三湖之间彼此有河流港汊相互沟通而汇成一体。阳澄湖共有进出河道 59 条,其中环湖西线

作者简介:杨惠(1981—),女,工程师,硕士,主要从事河流和湖泊水环境及水生态评价工作。E-mail:8617578@qq.com

17 条、北线 12 条、东线 15 条、南线 15 条。经常有水进出湖的河道约 30 条。根据环阳澄湖水量实测资料统计,阳澄湖西线主要入湖河道有里塘河、北河泾、渭泾塘和界泾,4 条河流的入湖水量约占总入湖水量的 80%,因此这 4 条河流入湖水质的优劣在很大程度上影响阳澄湖水质的变化。阳澄湖北线主要入湖河道有南消泾和七浦塘,阳澄湖东线和南线主要为出湖河道(图 1)。

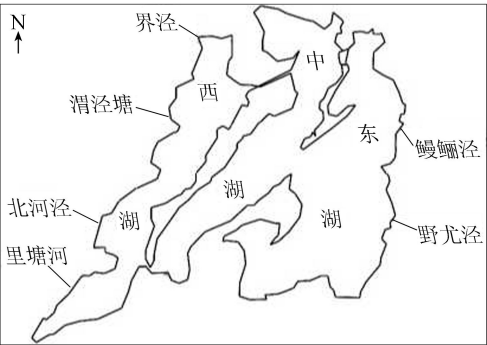


图 1 阳澄湖主要进出河道示意图

2 入湖河道水质时空分布情况

2.1 入湖河道水质监测

断面布设:在阳澄湖西线主要入湖河道里塘河设断面白兔泾桥、北河泾设断面沈北大桥、渭泾塘设断面塘河大桥、界泾设断面圣塘港桥,在北线入湖河道南消泾设断面南消大桥、七浦塘设断面七浦塘桥。

监测指标:根据区域水污染特点,本次选取 DO、COD_{Mn}、BOD₅、NH₃-N 和 TP 5 项指标进行水质分析。

监测频次:每月同步监测水质水量 1 次,选取时间段 2010—2014 年。

2.2 入湖河道水质类别评价

评价因子选取参评因子 DO、COD_{Mn}、BOD₅、NH₃-N 和 TP。评价标准按 GB3838—2002《地表水环境质量标准》^[3] 进行评价。近 5 年阳澄湖主要入湖河道水质类别见表 1。

表 1 2010—2014 年入阳澄湖河道水质类别

年份	水质类别					
	里塘河	北河泾	渭泾塘	界泾	南消泾	七浦塘
2010	劣 V	劣 V	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
2011	劣 V	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ
2012	劣 V	V	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	
2013	劣 V	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ
2014	劣 V	V	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ

注:七浦塘 2012 年全年为出湖流量,故不统计评价。

从表 1 可以看出,各入湖河道水质类别总体无明显变化趋势。里塘河水质较差,一直为劣 V 类水,主要是 NH₃-N 和 TP 超标。

2.3 入湖河道主要水质指标趋势分析

从近 5 年主要入湖河道评价指标变化趋势可以看出,各入湖河道 BOD₅ 质量浓度呈上升趋势, COD_{Mn} 呈逐年下降趋势, NH₃-N 指标除白兔泾有上升趋势外,其余河道均呈下降趋势, DO 和 TP 变化趋势不明显(图 2)。这主要是因为近年来城区生活污水处理厂逐步建设,生活污水处理率已达 86%,使阳澄西湖入湖水质有所改善^[4]。七浦塘引水后,阳澄湖水流流动明显增强,整个湖区的水动力条件都得到不同程度的改善。调水也有效改善了阳澄湖水环境^[5]。

3 入湖污染物通量趋势分析

根据每年入湖河道的平均流量和水质指标^[5]

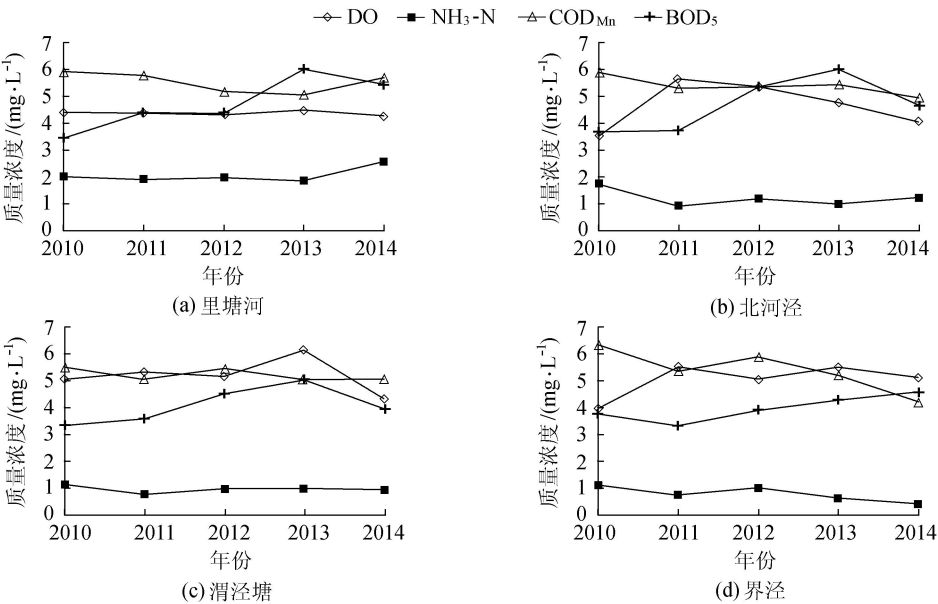


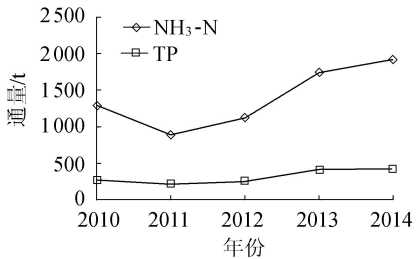
图 2 主要入湖河道 2010—2014 年主要水质指标质量浓度变化趋势

的年均质量浓度,计算出2010—2014 年入阳澄湖各项污染物通量(表2)。

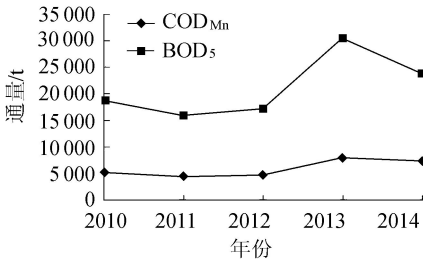
表 2 2010—2014 年入湖河道的入湖污染物通量 t

年份	NH ₃ -N	TP	COD _{Mn}	BOD ₅
2010	1 294. 37	270. 99	5 158. 34	18 734. 29
2011	890. 38	217. 92	4 406. 81	15 922. 08
2012	1 115. 57	255. 69	4 704. 59	17 267. 59
2013	1 744. 36	415. 60	7 988. 35	30 515. 45
2014	1 918. 67	421. 80	7 371. 43	23 836. 86

将其绘制成折线图(图3),来反映各项入湖污染物通量的变化趋势。



(a) NH₃-N和TP



(b) COD_{Mn}和BOD₅

图 3 2010—2014 年入阳澄湖各项污染物通量变化趋势

NH₃-N、TP 和 COD_{Mn} 3 个指标的入湖通量的变化趋势一致,2010—2011 年间有所下降,2011—2014 年逐步上升,其中,2012—2013 年间的增幅都较大。BOD₅ 从2010—2013 年的变化趋势与其他 3 个指标相同,但 2013—2014 年间入湖通量有所回落。

4 污染物来源分析

为摸清阳澄湖污染物的来源,进一步推进阳澄湖治理,江苏省水文水资源勘测局苏州分局于2013 年3 月—2014 年9 月进行阳澄湖准保护区河道的水量水质同步监测^[6]。并根据水量水质监测资料,探寻阳澄湖污染物的来源。考虑到常熟等外围来水的影响,比较分析外围进入准保护区的污染物通量和准保护区直接入湖的污染物通量大小,可找出污染物来源的主要区域。由于连接苏州城区与阳澄湖准保护区的洋泾塘水体长期处于滞流状态,故不考虑苏州城区对阳澄湖准保护区的影响。

4.1 污染物指标选取及监测断面设置

根据区域水污染特点,本次选取 NH₃-N、TP、TN、COD 4 项指标进行分析。分析涉及 3 条线、14

个监测断面。监测断面示意图见图4。



图 4 监测断面示意图

a. 准保护区的范围。西以元和塘为界,东、北以张家港为界,南以娄江为界。在元和塘东侧共选择了 5 条主要交汇河道,从南至北分别是徐图港、蠡塘河、永昌泾、渭泾塘和界泾。考虑到北部常熟来水对该区域的影响,设置辛安塘上的建设大桥和湘城塘上的湘城团结桥 2 个断面来代表常熟来水,同时选取相城区和常熟市的交界断面,元和塘上的潭泾村作为参考断面。

b. 准保护区入阳澄湖河道。入湖断面基本集中在阳澄西湖沿线,故选择入阳澄西湖的主要河道,由南至北分别是里塘河、济民塘、北河泾、永昌泾、渭泾塘和界泾。

4.2 入阳澄湖的污染物通量与外围入阳澄湖准保护区污染物通量分析

4.2.1 入阳澄湖与外围入准保护区的总污染物通量比较

将各月直接入阳澄湖的总污染物通量和外围入准保护区的总污染物通量列在同一张图上进行比较,见图5。

直接入湖的总污染物通量大于外围入准保护区的总污染物通量,一定程度上说明外围流入西部准保护区的污染物在准保护区范围内,并没有通过河网自身的净化作用将其有效降解,与准保护区内产

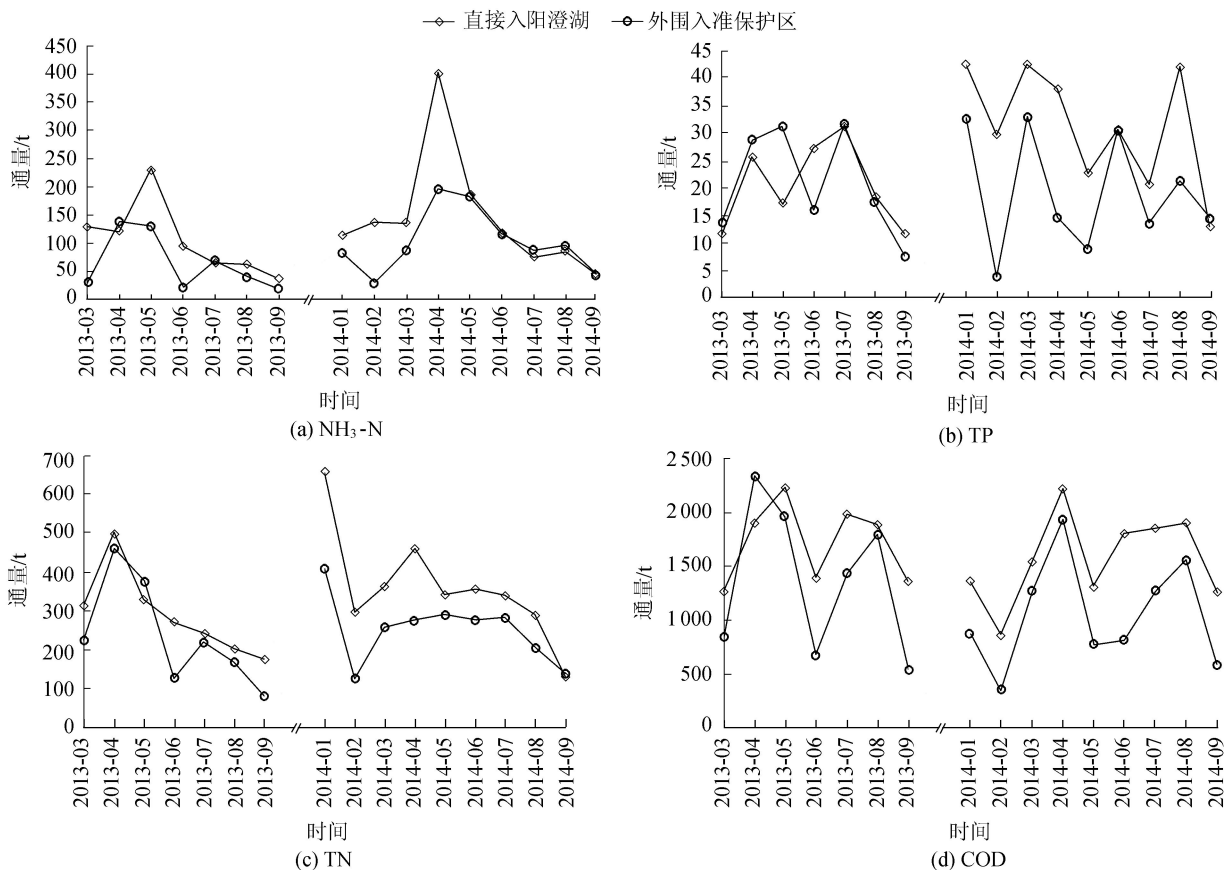


图5 直接入阳澄湖和外围入准保护区的总污染物通量比较

生的污染物叠加,从而导致了更多的污染物进入阳澄西湖。

4.2.2 污染物通量年均值及增长率

估算直接入湖的月均污染物通量和外围入准保护区的月均污染物通量,继而推算两者的年均污染物通量值。总体而言,西部水量是从外围流入准保护区,经过准保护区内的河道,最终流入阳澄湖。可通过计算直接入湖的污染物通量和外围入准保护区的污染物通量,得到准保护区内产生的污染物流量。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN 和 COD 的污染物通量年均增长率分别为 56.39%、35.90%、37.88% 和 39.20%。4 个指标中, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的年均增长率最大,其余 3 个指标的年均增长率相当。可见, $\text{NH}_3\text{-N}$ 是主要污染指标。4 项指标的污染物通量平均增长率为 42.34%,即外围入准保护区的污染物流量在准保护区的范围内增加了将近一半,这与准保护区的范围较小、内部降解作用有限,以及准保护区内不可避免进一步产生污染物都有很大的关系。

4.3 各河道入阳澄西湖的污染物通量的比例分析

为了更确切地得到 6 条主要河道对直接入湖的污染物流量贡献大小,可分别计算各条河流的污染物通量占总入湖污染物通量的百分比,从而得到每条河流各月各项污染物通量所占比例的一系列数据,见图 6。

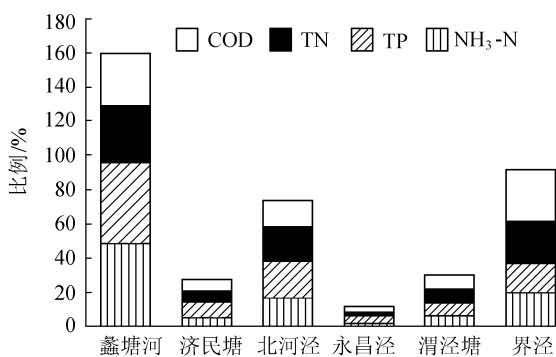


图6 入湖河道通量比例

阳澄湖西湖的 6 条主要入湖河道中,污染物主要来自蠡塘河,其次是界泾和北河泾,污染来源最少的是永昌泾。另外,渭泾塘的代表断面塘河大桥从 2013 年 11 月至今一直进行河道施工,但在自然流态下,其污染物通量比例均较大,推测其也是主要入湖污染物来源之一。

5 结论及措施

a. 入湖河道里塘河水质较差,渭泾塘、界泾、南消泾和七浦塘水质相对较好,水质为Ⅲ~Ⅳ类水。根据近 5 年主要入湖河道评价指标变化趋势分析结果,各入湖河道 BOD_5 质量浓度呈上升趋势, COD_{Mn} 呈逐年下降趋势, $\text{NH}_3\text{-N}$ 指标除里塘河有上升趋势外,其余河道均呈下降趋势, (下转第 138 页)

method for multiple attribute decision making based on maximizing deviations [J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2004, 26(2):194-197. (in Chinese))

[7] 马惠群,刘凌,陈涛.改进的多指标水质动态评价模型及应用[J].武汉大学学报:工学版,2008,41(5):54-57. (MA Huiqun, LIU Ling, CHEN Tao. Improved dynamic evaluation model of multifactorial water quality and its application [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2008, 41(5):54-57. (in Chinese))

[8] 周鹏飞.湖泊健康综合评价指标体系研究[J].安徽农业科学,2012,40(21):11005-11007. (ZHOU Pengfei. Research on the synthesis appraisal index system of lake health [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012,

40(21):11005-11007. (in Chinese))

[9] 郭金玉,张忠彬,孙庆云.层次分析法的研究与应用[J].中国安全科学学报,2008,18(5):148-153. (GUO Jinyu, ZHANG Zhongbin, SUN Qingyun. Research and application of analytic hierarchy process (AHP) [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2008, 18(5):148-153. (in Chinese))

[10] 覃春乔,陈星,张其成,等.基于马尔科夫模型的污染物质量浓度变化规律[J].水资源保护,2014,30(3):56-60. (QIN Chunqiao, CHEN Xing, ZHANG Qicheng, et al. The pollutant concentration variation based on Markov model [J]. Water Resources Protection, 2014, 30(3):56-60. (in Chinese))

(收稿日期:2015-12-28 编辑:徐娟)

(上接第 132 页) DO 和 TP 变化趋势不明显。说明有机污染物比例上升,各项水治理措施对城市污水和生活污水治理取得了一定效果。近几年,阳澄湖主要入湖河道水质无恶化趋势,较 2010 年之前水质^[7]有了很大提高。

b. 直接入湖的总污染物通量大于外围入准保护区的总污染物通量。4 项指标的污染物通量平均增长率为 42.34%,NH₃-N 的年均增长率最大。外围入准保护区的污染量在准保护区的范围内增加了将近一半,这与准保护区的范围较小、内部降解作用有限,以及准保护区内不可避免进一步产生污染物都有很大的关系。

c. NH₃-N、TP 和 COD_{Mn} 3 个指标的入湖通量的变化趋势一致,从 2010 年到 2011 年间有所下降,2011 年开始到 2014 年逐步上升,这与入湖河道水质时空分布情况一致。COD 2010—2013 年的变化趋势与其他 3 个指标相同,但 2013—2014 年间其入湖通量有所回落。入湖污染物通量 2010 年与 2014 年变化比较大的原因是同步水量变化比较大。

d. 阳澄湖西湖的 6 条主要入湖河道中,污染物通量主要来自蠡塘河,其次是界泾和北河泾和渭泾塘的。究其原因,主要是因为阳澄湖二级保护区范围内有畜禽养殖点,经营者环境保护意识淡薄,对多数污染源都未采取治理措施,污染物直接排入附近河道,对阳澄湖水质影响严重。建议在阳澄湖入湖河道上游准保护区范围设定畜禽养殖、内塘养殖的限养区,其他区域可设置集中养殖区。污染源的集中分布有利于管理工作的开展,也有利于强化清洁生产,推广循环经济^[8]。此外,强化对蠡塘河、界泾河、渭泾塘和北河泾等主要入湖河道的整治,以建设健康河湖。

参考文献:

[1] 宋菲菲,胡小贞,金相灿,等.国外不同类型湖泊治理思

路分析与启示[J].环境工程技术学报,2013,3(2):156-162. (SONG Feifei, HU Xiaozhen, JIN Xiangcan, et al. Analysis of lake management strategies of different types of lakes abroad and enlightenments for China[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2013, 3(2):156-162. (in Chinese))

[2] 吕忠梅,熊晓青.环境法视野下的“良好湖泊优先保护”[J].环境保护,2012(14):16-20. (LYU Zhongmei, XIONG Xiaoqing. “Good lakes priority protection” under the vision of environmental law [J]. Environmental Protection, 2012(14):16-20. (in Chinese))

[3] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S]

[4] 袁宏任,魏开渭,吴国平.水资源保护管理基础[M].北京:中国水利水电出版社,1996.

[5] 罗缙,逢勇,林颖,等.太湖流域主要入湖河道污染物通量研究[J].河海大学学报(自然科学版),2005,33(2):132-135. (LUO Jin, PANG Yong, LING Yin, et al. Study on flux of pollutants discharged into Taihu Lake through main inflow river channels [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2005, 33(2):132-135. (in Chinese))

[6] 苏州市阳澄湖水源水质保护委员会办公室.苏州市阳澄湖生态优化行动实施方案[R].苏州:苏州市阳澄湖水源水质保护委员会办公室,2013.

[7] 沈国华,张仁泉,高晓平.阳澄湖水质变化趋势分析[J].水资源研究,2014,35(3):41-43. (SHEN Guohua, ZHANG Renquan, GAO Xiaoping. Trend analysis of water quality change in the Yangcheng Lake [J]. Water Resources Research, 2014, 35(3):41-43. (in Chinese))

[8] 杨积德,沈桢,陈美丹,等.阳澄湖水环境综合整治对策研究与分析[J].中国给水排水,2010,26(6):6-9. (YANG Jide, SHEN Zhen, CHEN Meidan, et al. Research and analysis of comprehensive improvement countermeasures of water environment of Yangcheng Lake [J]. China Water and Wastewater, 2010, 26(6):6-9. (in Chinese))

(收稿日期:2015-12-28 编辑:彭桃英)