

## 2007 年以来环太湖 22 条主要河流水质变化及其对太湖的影响\*

易娟<sup>1,2</sup>, 徐枫<sup>1</sup>, 高怡<sup>1</sup>, 向龙<sup>2</sup>, 毛新伟<sup>1\*\*</sup>

(1: 太湖流域水文水资源监测中心, 无锡 214024)

(2: 河海大学水文水资源学院, 南京 210098)

**摘要:** 随着现代经济的迅速发展, 太湖流域污染问题日益严重. 为了解太湖湖区以及入湖河流的水质变化趋势, 分析两者之间的关系, 本文选取太湖湖区以及环太湖 22 条主要入湖河流 2007-2014 年水质监测资料, 按行政区划分析 22 条主要入湖河流的氨氮、高锰酸盐指数、总磷和总氮浓度变化趋势以及其与太湖水质关系. 结果显示, 江苏省境内河流 2007 年以来污染物浓度普遍高于浙江省, 但主要入湖河流总体上呈好转趋势, 并且河流各指标的浓度变化与太湖的水质变化密切相关, 验证了河道污染物输入作为太湖主要的污染物外源, 直接影响太湖水质的变化, 指出对入湖河流污染物的控制是缓解和治理太湖污染输入的重要途径.

**关键词:** 太湖; 环湖河流; 水质; 趋势

### Variations of water quality of the major 22 inflow rivers since 2007 and impacts on Lake Taihu

YI Juan<sup>1,2</sup>, XU Feng<sup>1</sup>, GAO Yi<sup>1</sup>, XIANG Long<sup>2</sup> & MAO Xinwei<sup>1\*\*</sup>

(1: *Monitoring Bureau of Hydrology and Water Resources, Taihu Basin Authority, Wuxi 214024, P.R.China*)

(2: *College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, P.R.China*)

**Abstract:** Pollution is getting more serious in Taihu Basin with the rapid development of economy. In order to study the trend of water quality in Lake Taihu and the 22 major rivers into Lake Taihu, and their relationships. The total nitrogen, total phosphorus, ammonia nitrogen and permanganate index are analyzed using monitoring data from 2007 to 2014 by administrative divisions. Based on the analysis results, the rivers in Jiangsu Province are generally of higher pollutant concentration than the ones in Zhejiang Province since 2007. But the situation is improving in the 22 major rivers and the concentration changes of the rivers are closely related with the changes in Lake Taihu. It validates that pollutant transportation of rivers is the main pollutants of Lake Taihu and impacts on the changes in the water quality in Lake Taihu, and control of pollutants of the inflowing rivers is an important way to mitigation and treatment of pollution in Lake Taihu.

**Keywords:** Lake Taihu; the rivers surrounding lake; water quality; tendency

太湖流域地处长江三角洲南缘, 经济社会发达, 人口聚集、城市化水平高, 太湖流域是典型的平原水网地区, 流域内水系以太湖为中心, 河网密布. 随着现代经济的迅速发展, 受工业和城市废水以及农田地表径流等人为因素的影响, 太湖、流域污染问题日益严重<sup>[1-3]</sup>. 目前太湖水质以 IV 类为主, 部分湖区为 V 类, 甚至劣 V 类; 太湖水体富营养化水平以中度富营养为主, 个别水域已达重富营养, 导致太湖藻类生物增加, 蓝藻水华现象频发, 给环境和经济造成了严重的威胁<sup>[4-6]</sup>.

引起太湖水体富营养化从而导致蓝藻水华暴发的最根本原因之一就是氮、磷元素的过量输入<sup>[7]</sup>. 研究表明, 河道污染物输入是太湖主要的外源污染, 是流域点源、非点源污染的综合表现<sup>[8]</sup>. 而太湖主要入湖河流输入太湖的污染负荷约占全流域入湖河流污染负荷的 80% 以上, 并且入湖河流呈现以氮、磷污染为主的特征<sup>[9]</sup>. “治湖先治水, 治水先治河”, 控制源头污染是太湖水环境治理的关键, 只有入湖河流水质不断得到

\* 2015-12-15 收稿; 2016-02-24 收修改稿. 易娟 (1990~), 女, 硕士研究生; E-mail: 807592170@qq.com.

\*\* 通信作者; E-mail: 158102786@qq.com.

改善,治理太湖的目标才能实现<sup>[10]</sup>. 因此,对主要入湖河流水质变化趋势及其对太湖影响的研究具有重要意义.

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究对象

太湖流域水网密布,太湖湖体水面面积约 2338 km<sup>2</sup>,与太湖相通的河(港)达 200 多条,河道总长度约 120000 km<sup>[11]</sup>. 本文选取 22 条主要入湖河流为研究对象<sup>[12]</sup>,其中位于江苏省境内的河流 15 条,分别为望虞河、大溪港、梁溪河、直湖港、武进港、太漏运河、漕桥河、殷村港、社渚港、官渚港、洪巷港、陈东港、大浦港、乌溪港和大港河 15 条河流;位于浙江省湖州市境内河流 7 条,分别为夹浦港、合溪新港、长兴港、杨家浦港、旄儿港、苕溪和大钱港(图 1).

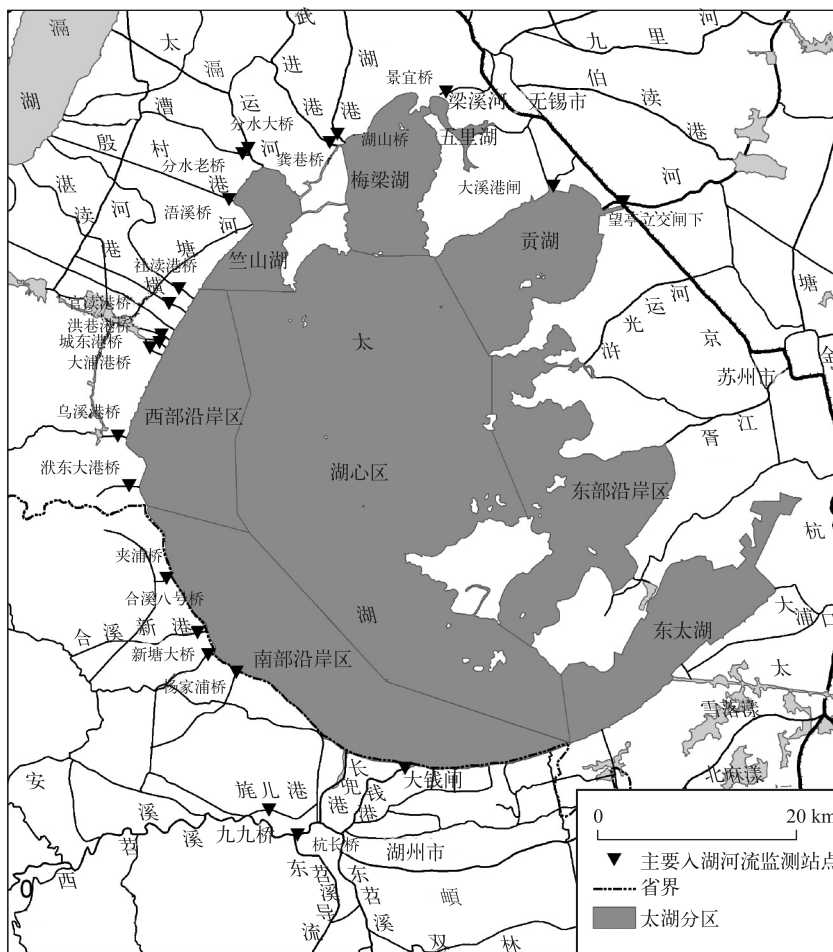


图 1 环太湖 22 条主要入湖河流的监测断面

Fig.1 The monitoring sections of the major 22 inflow rivers of Lake Taihu

#### 1.2 分析方法

本文选取 22 条主要入湖河流及太湖 2007—2014 年水质监测资料. 22 条主要入湖河流历年来监测断面位置略有调整,均采用实测水质资料进行分析,未进行修正;大溪港闸关闭多年,水质情况不代表入湖水体水质,因此剔除;洪巷港、乌溪港、杨家浦港的监测断面为新设控制断面,资料长度为 2012—2014 年. 依据太

湖流域水环境污染的特点,选取主要污染物中的氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、高锰酸盐指数( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )、总磷(TP)和总氮(TN)4项指标进行分析,该水质指标的测定方法与评价依据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)、《地表水资源质量评价技术规程》(SL 395-2007)。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 是太湖流域水功能区达标评价重要指标;TN、TP是湖泊富营养化重要评价指标<sup>[2]</sup>。为更好地反映入湖河流对太湖水质的影响,将TP分别参照河流Ⅲ类标准和湖库Ⅲ类标准来进行对比分析,TN参照湖库Ⅲ类标准来进行对比分析。

由于22条主要入湖河流分属江苏、浙江两省,为更好地反映主要入湖河流污染程度的地域分布特征,本文按照河流的行政区划分别进行趋势分析。

## 2 水质趋势分析

### 2.1 氨氮浓度变化

22条主要入湖河流2007—2014年 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度年际变化表明,江苏省入湖河流 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均值高于浙江省,但浓度变化呈逐年降低的趋势。浙江省 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度较低,但夹浦港、长兴港 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度年际变化不稳定,呈升高回落的走势(图2a)。

从各河流来看,望虞河 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度2014年与2007年相比有大幅度降低,并从2008年开始一直低于Ⅲ类标准。其它河流中大港河 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度始终处于Ⅱ类标准(0.5 mg/L)以下;梁溪河2014年与2007年相比有大幅度减少,并且从2010年开始 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度也低于Ⅲ类标准;其余河流一直劣于Ⅲ类标准,从2007年到2013年有下降趋势,但在2014年稍有回升(图2b)。夹浦港、长兴港分别在2011、2013年 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度出现峰值,之后又大幅下降到低于Ⅲ类标准,其它河流基本处于Ⅲ类标准以下(图2c)。

### 2.2 高锰酸盐指数浓度变化

2007—2014年22条主要入湖河流 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 浓度年际变化表明,江苏省入湖河流 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 浓度均值高于浙江省,但浓度变化呈逐年降低的趋势。浙江省 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 浓度较低,但夹浦港、长兴港 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 浓度年际变化不稳定,呈升高回落的走势,特别是夹浦港 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 浓度的升高,使得浙江省入湖河流 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 浓度呈一定上升趋势(图3a)。

从各河流来看,望虞河 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 浓度2014年与2007年相比有大幅度的降低,并从2008年以后一直处于Ⅱ类标准(4 mg/L)。梁溪河、直湖港、武进港、大港河近年来基本上一直处于Ⅲ类标准以下;太滬运河和漕桥河有明显变好的趋势;其它河流无明显下降趋势,并且在2013年都有一定程度的上升,虽然2014年有下降,但与2007年相比,无明显减少(图3b)。夹浦港 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 污染最为严重,从2008—2013年 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ 浓度大幅上升,虽在2014年又大幅下降,但仍高于Ⅲ类标准;长兴港在2009年与2011年出现波动,稍高于Ⅲ类标准,其它年份均在Ⅲ类标准以下;其他河流近年来始终低于Ⅲ类标准(图3c)。

### 2.3 总磷浓度变化

2007—2014年22条主要入湖河流TP浓度年际变化表明,江苏省入湖河流TP浓度均值高于浙江省,都呈逐年降低的趋势(图4a)。如果以TP在河流的Ⅲ类标准来分析,江苏省河流TP浓度的均值从2009年开始一直低于Ⅲ类,而浙江省河流TP浓度2007年以来始终低于Ⅲ类标准。如果以TP浓度在湖库的Ⅲ类标准来分析,TP的均值历年来都高于此标准。

分河道来看,如果以TP在河流中的Ⅲ类标准来分析,望虞河近年来TP浓度一直优于河流的Ⅲ类标准,其它河流中,在2010年以后普遍有明显下降的趋势,并且梁溪河、直湖港、武进港、社渚港、乌溪港、大港河在2010年之后基本处于Ⅲ类标准;但太滬运河、漕桥河、殷村港仍处于Ⅳ类标准(0.3 mg/L)左右;其余河流到2014年基本达到Ⅲ类(图4b)。夹浦港、长兴港分别在2011、2013年TP浓度出现峰值,之后大幅下降至低于Ⅲ类标准;其它河流都处于Ⅲ类标准以下(图4c)。而如果以TP在湖库的Ⅲ类标准来分析,除了大港河较接近此标准,其它河流均未达标。

### 2.4 总氮浓度变化

2007—2014年22条主要入湖河流TN浓度年际变化表明,江苏省入湖河流TN浓度均值高于浙江省,都呈逐渐降低的趋势,但是总氮浓度仍处于较高水平,远高于Ⅲ类标准(图5a)。

分河道来看,望虞河TN浓度2007—2014年有一定程度的下降,但近4年来变化不大。梁溪河有明显下降趋势;直湖港、武进港、大浦港、大港河稍有下降,但变化不大;其它河流TN浓度均无明显下降趋势,大部

分一直处于劣V类,其中漕桥河、殷村港有一定的上升趋势(图5b).浙江省几乎所有河流都处于劣V类,其中只有长兴港有明显的下降趋势;苕溪、大钱港稍有下降;其它河流均无明显下降趋势(图5c).

2.5 小结

22条主要入湖河流 NH<sub>3</sub>-N、COD<sub>Mn</sub>、TP 和 TN 浓度总体上有不同程度变好的趋势,水质好转的原因一是近年来加大了水质治理力度,有效地改善了太湖周边水环境;二是“引江济太”工程发挥积极作用,大量的长江水引入太湖,加快了太湖水体置换及河网水体流动,增加了水体的自净能力,改善了太湖及河网水质<sup>[2,13-14]</sup>.

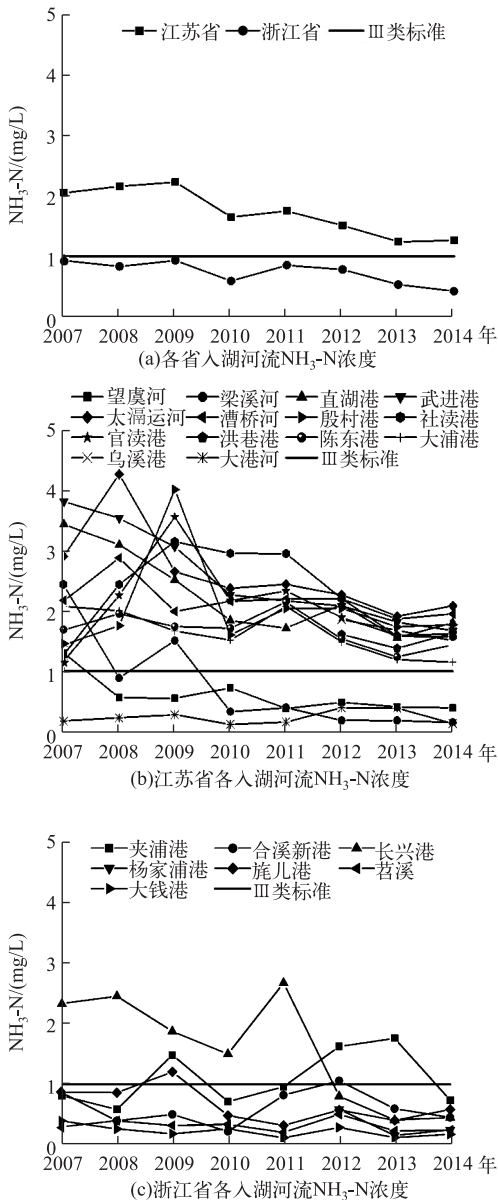


图2 2007—2014年22条主要入湖河流 NH<sub>3</sub>-N 浓度变化趋势

Fig.2 The trend of ammonia nitrogen concentration of the major inflowing rivers from 2007 to 2014

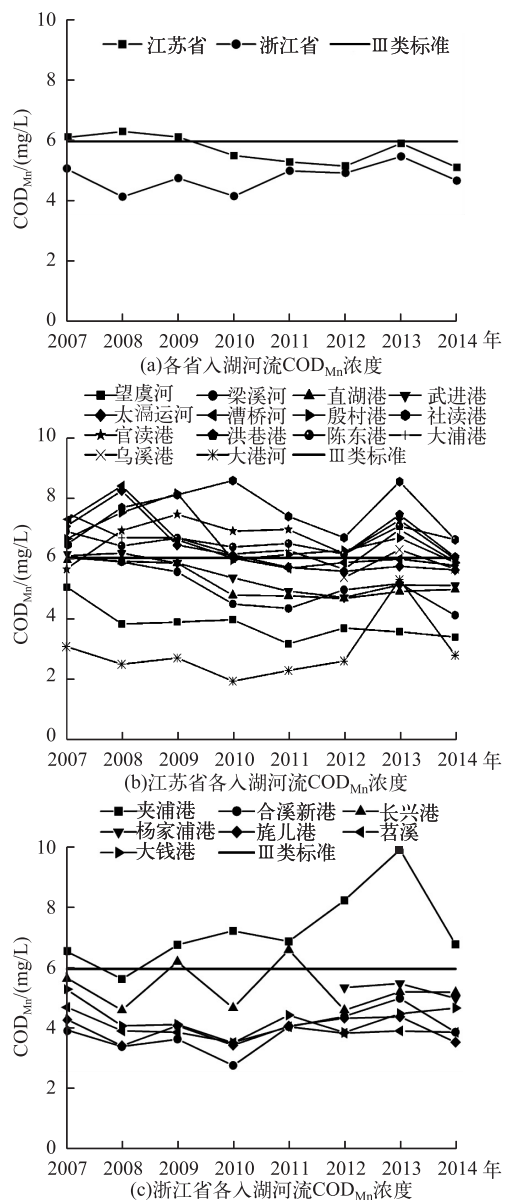
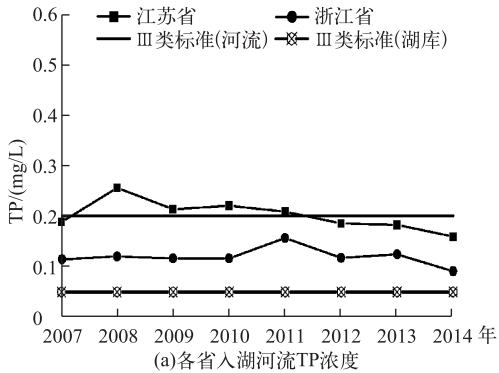
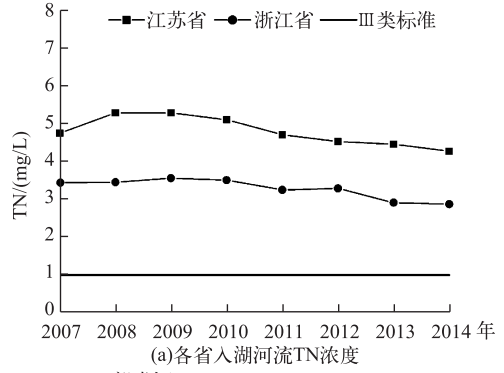


图3 2007—2014年22条主要入湖河流 COD<sub>Mn</sub> 浓度变化趋势

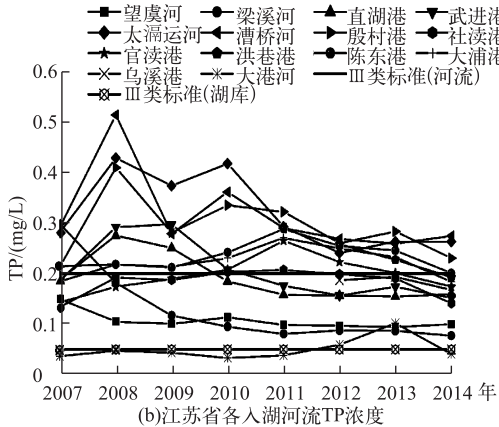
Fig.3 The trend of permanganate index concentration of the major inflowing rivers from 2007 to 2014



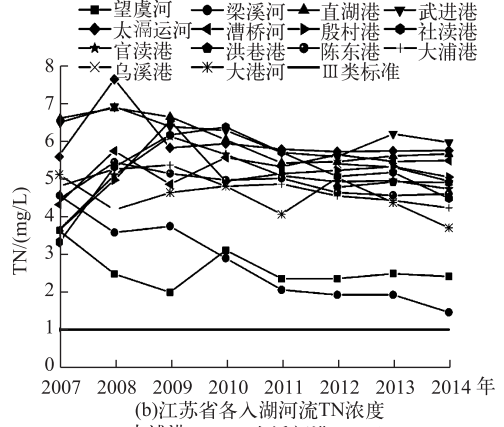
(a)各省入湖河流TP浓度



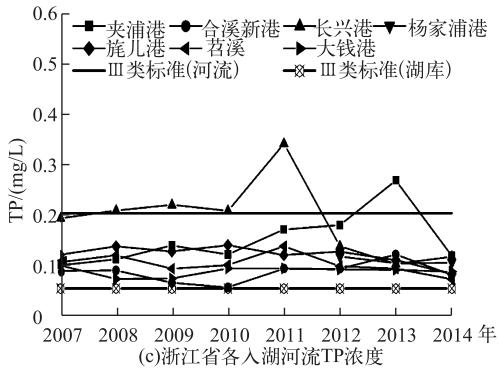
(a)各省入湖河流TN浓度



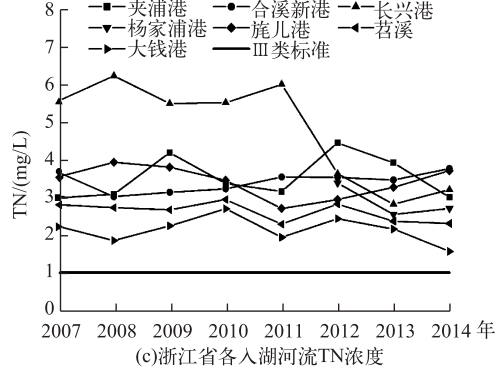
(b)江苏省各入湖河流TP浓度



(b)江苏省各入湖河流TN浓度



(c)浙江省各入湖河流TP浓度



(c)浙江省各入湖河流TN浓度

图 4 2007—2014 年 22 条主要入湖河流 TP 浓度变化趋势

Fig.4 The trend of total phosphorus concentration of the major inflowing rivers from 2007 to 2014

图 5 2007—2014 年 22 条主要入湖河流 TN 浓度变化趋势

Fig.5 The trend of total nitrogen concentration of the major inflowing rivers from 2007 to 2014

### 3 入湖河流水质变化对太湖水质的影响分析

22 条主要入湖河流所对应的太湖湖区分别有贡湖、梅梁湖、竺山湖、西部沿岸区和南部沿岸区。入湖河流中  $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 和 TN 浓度变化与对应湖区变化趋势基本契合,整体趋势均为逐步降低(图 6)。

$\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 浓度呈显著的季节性变化,冬、春季浓度明显高于夏、秋季,入湖河流的浓度值明显高于对应的入湖湖区均值以及高于太湖平均值,并且季节性特征一致,相关性显著,说明  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 的来源与外



源输入有很大关系. 其原因一方面由于冬、春季湖泊水位较低, 进入太湖的营养盐被浓缩; 另一方面是由于春季春耕农田大量施肥, 沿着入湖河流进入太湖. 而夏、秋季湖水氮浓度降低一方面是由于夏、秋季降雨量比较大, 使得营养盐得到一定程度的稀释; 另一方面主要是由于夏、秋季的反硝化作用引起水体氮素损失<sup>[7, 15-17]</sup>.

COD<sub>Mn</sub> 浓度近年来大部分时间都处于Ⅲ类标准以下, 年际变化较小, 所以对应的入湖湖区以及太湖平均的 COD<sub>Mn</sub> 浓度与主要入湖河流的关系不显著, 并且年内季节性变化也很小, 但太湖的 COD<sub>Mn</sub> 浓度在 5—9 月间会出现小高峰, 原因是水体藻类生物量的大量增加<sup>[18]</sup>.

TP 浓度年际变化较小, 近年来太湖均值基本稳定在 0.07 mg/L 左右, 并且年内季节变化很小, 但在 8—11 月相对稍高; 而主要入湖河流 TP 浓度从 2007—2014 年稍有下降趋势, 浓度高于对应的入湖湖区均值以及高于太湖平均值, 并且年际变化趋势基本一致. 入湖 TP 浓度主要为有机磷, 大部分来自太湖周围的城镇和农田排出的洗涤剂、杀虫剂、化肥等废污水, 入湖河流的输入是影响太湖 TP 的主要原因<sup>[19-20]</sup>.

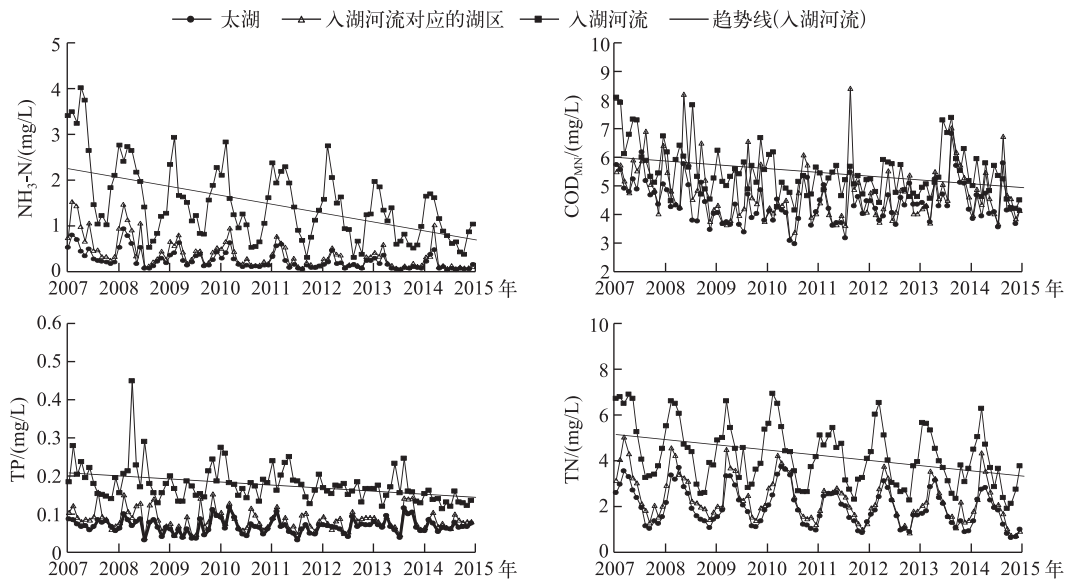


图 6 2007—2014 年 NH<sub>3</sub>-N、COD<sub>Mn</sub>、TP 和 TN 月均浓度对比变化

Fig.6 Comparison of the average monthly concentrations of ammonia nitrogen, permanganate index, total phosphorus and total nitrogen from 2007 to 2014

#### 4 结论

1) 综合来看, 22 条主要入湖河流污染物浓度呈逐步降低的趋势, 2014 年浓度均低于 2007 年, 仅有个别河流(夹浦港、长兴港)出现冲高回落的走势.

2) 从各行政区域来看, 江苏省境内主要入湖河流 2007 年以来污染物浓度普遍高于浙江省, 污染较为严重, 但近年来降幅明显, NH<sub>3</sub>-N、COD<sub>Mn</sub>、TP 和 TN 的降幅分别达到 38.5%、16.0%、15.0% 和 10.0%. 2007—2014 年浙江省主要入湖河流污染物浓度降幅分别为 55.4%、7.5%、20.2% 和 16.5%, 但是其中的夹浦港与长兴港污染较为严重, 夹浦港各指标均有一定的上升趋势, 长兴港 NH<sub>3</sub>-N、TP 和 TN 浓度在 2011 年后大幅下降.

3) 主要入湖河流 NH<sub>3</sub>-N、COD<sub>Mn</sub>、TP 和 TN 浓度的下降, 并且 NH<sub>3</sub>-N、TP 和 TN 浓度的变化与河流浓度变化密切相关, 在一定程度上验证了河道污染物输入作为太湖主要的污染物外源, 直接影响太湖水质的变化, 因此对入湖河流污染物的控制是缓解和治理太湖污染输入的重要途径.

4) 仍然不能忽视的是, 各入湖河道的 TN 浓度基本一直处于劣 V 类(以湖库标准评价), 大部分入湖河

道的TP浓度都高于Ⅲ类标准(以湖库标准评价),这些外源氮、磷的输入仍将在长时间内对太湖的富营养化产生影响,表明入湖河流的污染问题依然严峻,削减氮、磷入河量是太湖入湖河流治理的重要任务。

## 5 参考文献

- [1] Kong Fanxiang, Hu Weiping, Fan Chengxin *et al.* Research and strategic thinking for water pollution control and ecological restoration in Taihu Basin. *J Lake Sci*, 2006, **18**(3): 193-198(in Chinese with English abstract). DOI:10.18307/2006.0301. [孔繁翔,胡维平,范成新等.太湖流域水污染控制与生态修复的研究与战略思考.湖泊科学,2006,**18**(3): 193-198.]
- [2] Taihu Basin Authority, MWR. Overall scheme of water environment comprehensive treatment in Taihu Basin. Shanghai: Taihu Basin Authority, MWR, 2007(in Chinese). [水利部太湖流域管理局.太湖流域水环境综合治理总体方案.上海:水利部太湖流域管理局,2007.]
- [3] Lü Zhenlin. Practice and thoughts on comprehensive treatment of water pollution in Lake Taihu. *Journal of Hohai University: Natural Sciences*, 2012, **40**(2): 123-128(in Chinese with English abstract). [吕振霖.太湖水环境综合治理的实践与思考.河海大学学报:自然科学版,2012,**40**(2): 123-128.]
- [4] Taihu Basin Authority, MWR. Health state of Lake Taihu in 2014. Shanghai: Taihu Basin Authority, MWR, 2014(in Chinese). [水利部太湖流域管理局.2014年太湖健康状况报告.上海:水利部太湖流域管理局,2014.]
- [5] Wang XD, Qin BQ, Gao G *et al.* Phytoplankton community from Lake Taihu, China, has dissimilar responses to inorganic and organic nutrients. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, **22**(10): 1491-1499.
- [6] Gu Suli, Chen Fang, Sun Jiangling. Analysis of cyanobacteria monitoring and algal blooms in Lake Taihu. *Water Resources Protection*, 2011, **27**(3): 28-32(in Chinese with English abstract). [顾苏莉,陈方,孙将陵.太湖蓝藻监测及暴发情况分析.水资源保护,2011,**27**(3): 28-32.]
- [7] Wu Yali, Xu Hai, Yang Guijun *et al.* Progress in nitrogen pollution research in Lake Taihu. *J Lake Sci*, 2014, **26**(1): 19-28(in Chinese with English abstract). DOI: 10.18307/2014.0103. [吴雅丽,许海,杨桂军等.太湖水体氮素污染状况研究进展.湖泊科学,2014,**26**(1): 19-28.]
- [8] Niu Yong. Study on inflow rivers pollution characteristics, estimation of non-point source pollution in Lake Taihu watershed [Dissertation]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013(in Chinese with English abstract). [牛勇.太湖入湖河流污染特征及面源污染负荷研究[学位论文].武汉:华中农业大学,2013.]
- [9] Jin Xiangcan ed. Lake environment in China. Beijing: China Ocean Press, 1995: 668(in Chinese). [金相灿.中国湖泊环境.北京:海洋出版社,1995: 668.]
- [10] Zhang Dawei, Li Yangfan, Sun Xiang *et al.* Relationship between landscape pattern and river water quality in wujingang region, Lake Taihu Watershed. *Environmental Science*, 2010, **31**(8): 1775-1783(in Chinese with English abstract). [张大伟,李杨帆,孙翔等.入太湖河流武进港的区域景观格局与河流水质相关性分析.环境科学,2010,**31**(8): 1775-1783.]
- [11] Zhong Jingjing, Liu Maosong, Wang Yu *et al.* Spatial correlation of major water quality indices between the lake and rivers in Lake Taihu basin. *Chinese Journal of Ecology*, 2014, **33**(8): 2176-2182(in Chinese with English abstract). [钟晶晶,刘茂松,王玉等.太湖流域河流与湖泊间主要水质指标的空间关联特征.生态学杂志,2014,**33**(8): 2176-2182.]
- [12] The State Council of the People's Republic of China. The regulations in Taihu Basin. 2011(in Chinese). [中华人民共和国国务院.太湖流域管理条例.2011.]
- [13] Sun Weihong, Cheng Wei, Cui Yunxia *et al.* Overall treatment of water environment for inflow rivers of Lake Taihu. *China Resources Comprehensive Utilization, China Resources Comprehensive Utilization*, 2009, **27**(11): 39-42(in Chinese with English abstract). [孙卫红,程伟,崔云霞等.太湖流域主要入湖河流水环境综合整治.中国资源综合利用,2009,**27**(11): 39-42.]
- [14] Zhou Xiaoping, Zhai Shuhua, Yuan Li. Influences of water diversion from Yangtze River to Lake Taihu on water quality of Lake Taihu between 2007 and 2008. *Water Resources Protection*, 2010, **26**(1): 42-48(in Chinese with English abstract). [周小平,翟淑华,袁粒.2007~2008年引江济太调水对太湖水质改善效果分析.水资源保护,2010,**26**(1): 42-48.]
- [15] Chen YW, Qin BQ, Teubner K *et al.* Long-term dynamics of phytoplankton assemblages: *Microcystis*-domination in Lake

- Taihu, a large shallow lake in China. *Journal of Plankton Research*, 2003, **25**(1): 445-453.
- [16] Zhao Linlin, Zhu Guangwei, Gu Zhao *et al.* Monthly variation of nitrogen and phosphorus volume in Lake Taihu, China. *Journal of China Hydrology*, 2013, **33**(5): 28-33(in Chinese with English abstract). [赵林林,朱广伟,顾钊等.太湖水体氮、磷赋存量的逐月变化规律研究.水文,2013,**33**(5): 28-33.]
- [17] Wang Xiaoyan, Zhong Sheng. Study on the changes of  $\text{NH}_3\text{-N}$  and TN of different seasons in Lake Taihu Basin. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2014, **42**(25): 8712-8713(in Chinese with English abstract). [汪晓燕,钟声.不同季节太湖流域氨氮与总氮含量变化研究.安徽农业科学,2014,**42**(25): 8712-8713.]
- [18] Zhu Guangwei. Spatio-temporal distribution pattern of water quality in Lake Taihu and its relation with cyanobacterial blooms. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2009, **18**(5): 439-445(in Chinese with English abstract). [朱广伟.太湖水质的时空分异特征及其与水华的关系.长江流域资源与环境,2009,**18**(5): 439-445.]
- [19] Wu Pan, Qing Boqiang, Yu Ge *et al.* Effects of economic development on wastewater discharge and influent total phosphorus load in the upstream of Lake Taihu Basin. *J Lake Sci*, 2015, **27**(6): 1107-1114(in Chinese with English abstract). DOI: 10.18307/2015.0616. [吴攀,秦伯强,于革等.太湖上游流域经济发展对废水排放及入湖总磷的影响.湖泊科学,2015,**27**(6): 1107-1114.]
- [20] Gao Yongxia, Cai Linlin, Zhao Linlin *et al.* Water quality comparison between Lake Taihu and contribute river during high water-level period. *Environmental Science*, 2011, **32**(10): 2840-2848(in Chinese with English abstract). [高永霞,蔡琳琳,赵林林等.丰水期环太湖河流与湖区水质比较研究.环境科学,2011,**32**(10): 2840-2848.]