DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2013.01.011

太湖进出水量变化对水环境的影响

沈国华,王 谦

(江苏省水文水资源勘测局苏州分局,江苏 苏州 215006)

摘要:利用环太湖水文巡测资料和湖西区、澄锡虞区主要入湖口门水质资料,对2000年前后的太湖水环境进行对比分析。结果表明,2000年以来太湖湖西区和澄锡虞区由于受引长江水的影响,入湖水量大增,导致河网污染物大量入湖,使输入太湖的污染物量远远超过其本身的纳污(自净)能力,太湖富营养化有加剧的趋势。建议严格强化陆域控源减排,优化"引江济太"调度方案,适度控制引长江水量,以减少竺山湖、梅梁湖、太湖西部沿岸区乃至整个太湖的污染物入湖量。

关键词:水环境;进出水量变化;长江引水;污染物通量;太湖

中图分类号:X820.3 **文献标志码**:A **文章编号**:1004-6933(2013)01-0046-05

Influences of input and output flow on water environment in Taihu Lake

SHEN Guohua, WANG Qian

(*Suzhou Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Suzhou* 215006, *China*)

Abstract: A comparison analysis was conducted of the water environment in Taihu Lake before and after the year 2000, based on hydrological data of the lake and water quality data of major inlets of the western lake area and the Chengxiyu area. The results show an increase in the volume of water entering the western lake area and the Chengxiyu area due to water diversion from the Yangtze River to Taihu Lake since 2000. This has caused a large number of pollutants to flow from river nets into the lake and resulted in more significant eutrophication in Taihu Lake. It is suggested that the non-point contamination from the land surface and the water diversion from the Yangtze River to Taihu Lake be controlled to reduce the pollutants entering Zhushan Lake, Meiliang Lake, the west coastal zone, and all of Taihu Lake.

Key words: water environment; variation of input and output flow; water diversion from Yangtze River; flux of pollutant; Taihu Lake

太湖不仅是苏州、无锡、湖州等环太湖城市的主要水源地,也是上海、嘉兴等下游城市的水源地。已有一些学者[1-2]对太湖进出水量的变化进行分析研究,但太湖进出水量的变化对太湖水环境的影响却少有人阐述。近年来,由于湖西区和武澄锡虞区大量引入长江水,环太湖进出水量发生了很大变化,使大量污染物进入太湖,严重影响了太湖水资源的开发利用,对太湖的健康造成了严重伤害[3]。笔者试图研究太湖进出水量的变化对太湖水环境的影响,旨在为控制太湖进出水量、减轻太湖污染负荷提供参考。

1 湖西区入湖水量的变化对太湖的影响

苏州、无锡、湖州3个环太湖城市的水文巡测资料表明,1986—2010年湖西区多年平均入湖水量为47.87亿 m^3,是太湖的主要来水水源。申金玉等[1]分析湖西区多年平均入湖水量的变化趋势,发现2000年后湖西区入湖水量较2000年前有较大幅度增加。从环太湖城市的水文巡测资料系列变化趋势看,其水文系列可明显分为1986—1999年和2000—2010年2个阶段,1986—1999年湖西区年平均入湖水量为39.8亿 m^3(其中还包括1991和

作者简介:沈国华(1952—),男,高级工程师,从事水文水资源调查、评价及论证工作。E-mail:Shengh_swj@163.com

1999 年两个太湖流域大水年);2000 年后湖西区年平均入湖水量达到 58.2 亿 m^3;2000 年前降雨量是影响湖西区入湖水量的主要因素,2000 年后引江水量是影响湖西区入湖水量的主要因素。在枯水年份,降雨量较少,导致湖西区本地产水量少;而大量引进长江水,使湖西区的入湖水量大增。但是,湖西区河网水质很差,入湖水量大增导致入湖污染物也大增。

现选择湖西区主要入湖河道——陈东港和太滆运河的入湖水质资料进行分析。陈东港的监测断面为陈东港桥,太滆运河的监测断面为分水桥。两监测断面 2003—2005 年汛期、非汛期、全年以及多年平均的水质情况见表 1。

表 1　湖西区主要河道 2003—2005 年的水质情况

河名	断面名称	年份	时期	$\rho(COD_{Mn})$/(mg·L^{-1})	$\rho(NH_3\text{-}N)$/(mg·L^{-1})	$\rho(TP)$/(mg·L^{-1})	水质类别
陈东港	陈东港桥	2003	汛期	7.8	1.93	0.168	Ⅴ
			非汛期	7.6	3.06	0.197	劣Ⅴ
			全年	7.7	2.00	0.182	Ⅴ
		2004	汛期	7.6	1.78	0.186	Ⅴ
			非汛期	7.6	1.90	0.192	Ⅴ
			全年	7.6	1.84	0.189	Ⅴ
		2005	汛期	7.0	2.20	0.211	劣Ⅴ
			非汛期	7.0	3.37	0.186	劣Ⅴ
			全年	7.0	2.78	0.198	劣Ⅴ
		多年平均		7.4	2.23	0.190	劣Ⅴ
太滆运河	分水桥	2003	汛期	7.3	5.40	0.287	劣Ⅴ
			非汛期	10.2	3.41	0.166	劣Ⅴ
			全年	9.0	4.21	0.214	劣Ⅴ
		2004	汛期	7.4	3.61	0.264	劣Ⅴ
			非汛期	8.9	4.70	0.313	劣Ⅴ
			全年	8.3	4.23	0.292	劣Ⅴ
		2005	汛期	8.6	4.19	0.287	劣Ⅴ
			非汛期	9.3	4.72	0.233	劣Ⅴ
			全年	8.9	4.45	0.260	劣Ⅴ
		多年平均		8.7	4.31	0.260	劣Ⅴ

从表 1 可以看出,汛期陈东港的 COD_{Mn} 平均质量浓度为 7.0 ~ 7.8 mg/L,NH_3-N 的平均质量浓度为 1.78 ~ 2.20 mg/L,TP 的平均质量浓度为 0.168 ~ 0.211 mg/L;非汛期的水质情况与汛期大致相当,其 COD_{Mn} 的平均质量浓度为 7.0 ~ 7.6 mg/L,NH_3-N 的平均质量浓度为 1.90 ~ 3.37 mg/L,TP 的平均质量浓度为 0.186 ~ 0.197 mg/L。陈东港汛期、非汛期以及全年地表水的水质为Ⅴ类或劣Ⅴ类,超过水功能区划的水质控制要求,主要超标因子为 NH_3-N 和 TP,且各污染物的质量浓度总体上呈逐年上升趋势。汛期太滆运河的 COD_{Mn} 的平均质量浓度为 7.3 ~ 8.6 mg/L,NH_3-N 的平均质量浓度为 3.61 ~ 5.40 mg/L,TP 的平均质量浓度为 0.264 ~ 0.287 mg/L;非汛期太滆运河的污染物质量浓度大多要高于汛期,其 COD_{Mn} 的平均质量浓度为 8.9 ~ 10.2 mg/L,NH_3-N 的平均质量浓度为 3.41 ~ 4.72 mg/L,TP 的平均质量浓度为 0.166 ~ 0.313 mg/L。太滆运河汛期和非汛期以及全年的地表水水质为劣Ⅴ类,已超过水功能区划的水质控制要求,主要超标因子为 NH_3-N 和 TP。

2003—2005 年陈东港桥和太滆运河分水桥两个断面的各水质指标年际变化情况见图 1 和图 2。总体看来,两个水质监测断面的各水质指标年内变化较大,非汛期基本劣于汛期,但年际变化则相对较小。

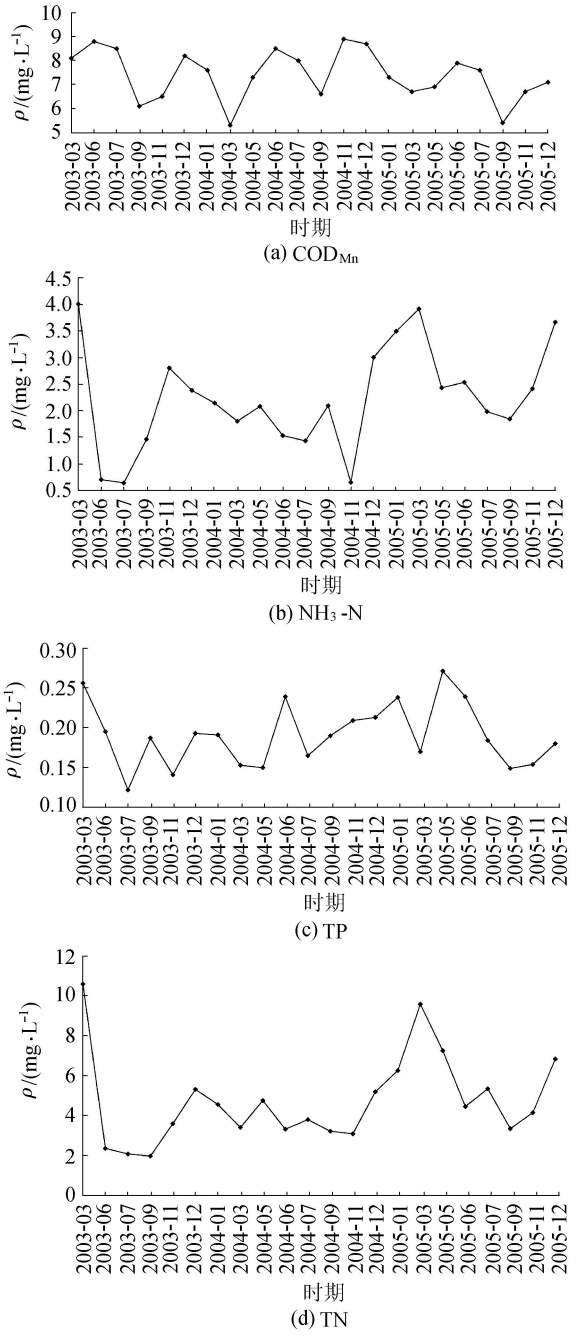

图 1　陈东港桥断面 2003—2005 年水质情况

现选择降雨频率大致相同的 1994 年和 2003 年对湖西区污染物入湖量进行分析。1994 年和 2003 年的降雨频率 $P=70\%$ 左右,这两个年份湖西区的入湖水量分别为 22.02 亿 m^3 和 56.31 亿 m^3,2003 年的入湖水量是 1994 年的 2.56 倍。根据 1994 年和

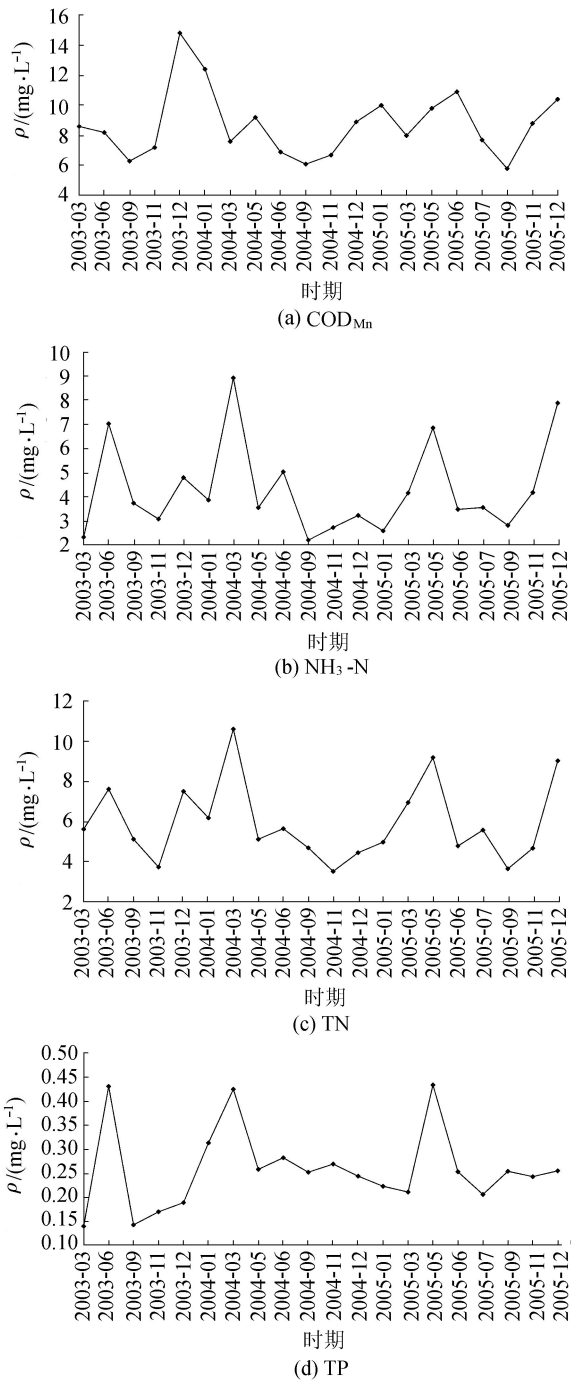

图 2　太滆运河分水桥断面 2003—2005 年水质情况

2003 年的水质资料计算湖西区污染物入湖量,计算结果见表 2。

表 2　湖西区 1994 年和 2003 年入湖污染物量对比

年份	面降雨量/mm	入湖水量/亿 m^3	污染物入湖量/(t·a^{-1})			
			COD_{Mn}	NH_3-N	TN	TP
1994	882.7	22.02	13 659	5 505	—	—
2003	932.3	56.31	50 172	19 202	33 167	1 002

从表 2 中可以看出,2003 年湖西区污染物入湖量远远超过了 1994 年,超过了太湖纳污能力,即 COD_{Mn} 50 026 t/a,TN 11 969 t/a,TP 436 t/a[4]。

1994—2003 年 10 a 间湖西区河网水质下降了一个等级,导致太湖水质也下降了一个等级。2003 年,随着入湖水量的增加,NH_3-N 的入湖量为 19 202 t,是 1994 年的 3.5 倍。由此可见,2000 年以来湖西区入湖水量增加导致污染物的入湖量也大大增加。

根据对 2006 年太湖的水质评价[5-8](评价指标不包括 TP、TN),太湖西部沿岸区、竺山湖、五里湖为劣Ⅴ类水,梅梁湖为Ⅴ类水。若考虑 TP、TN,则 2006 年全太湖 9 个湖区水质均劣于Ⅴ类水,水质单项指标中,TN 超标最严重。

2　武澄锡虞区进出湖水量的变化对太湖的影响

武澄锡虞区的进出太湖水量主要以进出梅梁湖为主,主要进出河道有 3 条:武进港、直湖港和梁溪河,其中武进港、直湖港以入太湖为主。近年来,由于武进港、直湖港等入湖河道的水质很差,使大量污水进入梅梁湖,梅梁湖水质逐年变差。而梁溪河处于上下游交界处,在梅梁湖泵闸建设前,水流顺逆不定。顺流时(太湖出水)对无锡市区水环境有明显的改善作用;逆流时(水入太湖)无锡市区污水倒灌太湖,对梅梁湖水质造成严重影响。梅梁湖泵闸建成后,太湖发生大水时(如 1999 年)梅梁湖泵闸可以防洪,使无锡市区不受太湖洪水侵袭;太湖发生干旱、沿江引水梁溪河发生倒流时,关闭闸门可以挡住污水进入太湖。

直湖港的监测断面为白芍山,武进港的监测断面为雪埝桥。两监测断面 2004—2006 年汛期、非汛期、全年以及多年平均的水质情况见表 3。

表 3　直武地区主要河道 2004—2006 年的水质情况

河名	断面名称	年份	时期	$\rho(COD_{Mn})$/(mg·L^{-1})	$\rho(NH_3$-N)/(mg·L^{-1})	ρ(TP)/(mg·L^{-1})	水质类别
直湖港	白芍山	2004	汛期	5.80	3.33	0.119	劣Ⅴ
			非汛期	8.50	6.33	0.194	劣Ⅴ
			全年	7.15	4.83	0.160	劣Ⅴ
		2005	汛期	6.70	3.17	0.132	劣Ⅴ
			非汛期	8.10	6.45	0.204	劣Ⅴ
			全年	7.40	4.81	0.170	劣Ⅴ
		2006	汛期	7.90	4.53	0.161	劣Ⅴ
			非汛期	8.50	8.26	0.227	劣Ⅴ
			全年	8.20	6.40	0.190	劣Ⅴ
		多年平均		7.58	5.35	0.17	劣Ⅴ
武进港	雪埝	2004	汛期	7.30	4.53	0.259	劣Ⅴ
			非汛期	9.50	8.25	0.240	劣Ⅴ
			全年	8.40	6.39	0.25	劣Ⅴ
		2005	汛期	6.80	3.64	0.229	劣Ⅴ
			非汛期	9.60	6.62	0.224	劣Ⅴ
			全年	8.20	5.13	0.230	劣Ⅴ
		2006	汛期	7.20	4.37	0.221	劣Ⅴ
			非汛期	10.00	7.64	0.322	劣Ⅴ
			全年	8.60	6.01	0.270	劣Ⅴ
		多年平均		8.40	5.84	0.250	劣Ⅴ

从表 3 可知,汛期直湖港的 COD_{Mn} 平均质量浓度为 5.80 ~ 7.90 mg/L,NH_3-N 的平均质量浓度为 3.17 ~ 4.53 mg/L,TP 的平均质量浓度为 0.119 ~ 0.161 mg/L;非汛期的污染物质量浓度要高于汛期,其 COD_{Mn} 的平均质量浓度为 8.10 ~ 8.50 mg/L,NH_3-N 的平均质量浓度为 6.33 ~ 8.26 mg/L,TP 的平均质量浓度为 0.194 ~ 0.227 mg/L。直湖港汛期和非汛期以及全年的地表水水质均为劣Ⅴ类,已超过水功能区划的水质控制要求,主要超标因子为 NH_3-N 和 TP,且各污染物的质量浓度总体上呈逐年上升趋势。

汛期,武进港的 COD_{Mn} 平均质量浓度为 6.80 ~ 7.30 mg/L,NH_3-N 的平均质量浓度为 3.64 ~ 4.53 mg/L,TP 的平均质量浓度为 0.221 ~ 0.259 mg/L;非汛期的污染物质量浓度高于汛期,非汛期 COD_{Mn} 的平均质量浓度为 9.50 ~ 10.00 mg/L,NH_3-N 的平均质量浓度为 6.62 ~ 8.25 mg/L,TP 的平均质量浓度为 0.224 ~ 0.322 mg/L。武进港汛期和非汛期以及全年的地表水水质为劣Ⅴ类,已超过水功能区划的水质控制要求,主要超标因子为 NH_3-N 和 TP。

直湖港白芍山、武进港雪堰断面各水质指标 2004—2006 年年内、年际变化情况分别见图 3 和图 4。总体看来,两监测断面的各指标年内变化较大,非汛期劣于汛期,但年际变化相对较小。

对梅梁湖 2003 年污染物入湖量进行估算。2003 年梅梁湖入湖水量为 10.49 亿 m^3,污染物入湖量分别为 COD_{Mn} 8457 t/a,NH_3-N 6024 t/a,TN 8568 t/a,TP 251.2 t/a。由此可见,由于受引长江水的影响,一般枯水年份梅梁湖的入湖水量的增加导致污染物入湖量相应增加。

3 浙西区进出湖水量的变化对太湖的影响

据申金玉等[2]分析,浙西区 1986—2010 年的进出太湖水量系列资料可分为两段,即 1986—1999 年和 2000—2010 年。浙西区 2000 年前进出湖水量变化主要受降雨影响,而 2000 年后进出湖水量的变化主要受湖西区入湖水量的变化和“引江济太”的影响,还受到苕溪水系水资源开发利用的影响[6]。一方面湖西区和“引江济太”入湖水量大量增加,使太湖水位升高;另一方面苕溪水系上游用水量和水库蓄水量增加,使得浙西区入湖水量锐减,出湖水量增加,而浙西区河道水质较好,一般不超过地表水Ⅲ类标准(见表 4),因此湖西区的入湖劣质水水量的增加,导致浙西区的入太湖优质水水量明显减少。据统计,前 10 a 浙西区平均入湖水量为 12.08 亿 m^3,后 10 a 的平均入湖水量为 9.14 亿 m^3,减少了近 3 亿 m^3,见图 5。

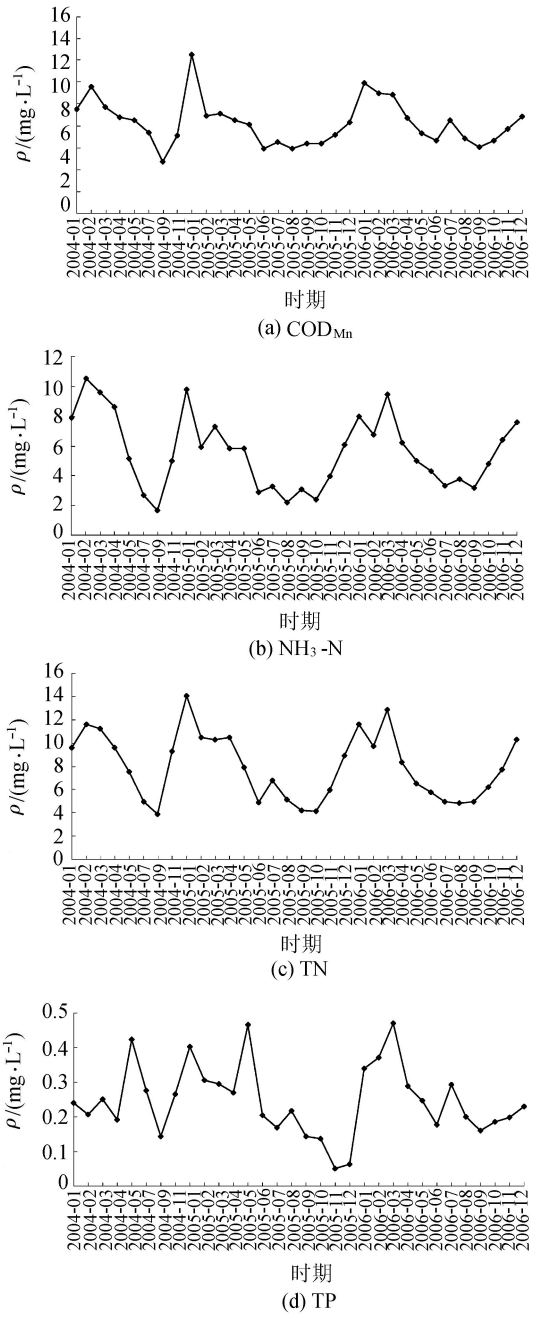

图 3 直湖港白芍山断面 2004—2006 年水质状况

表 4 浙西区主要入湖河道 2010 年水质监测结果

mg/L

测站名称	$\rho(NH_3\text{-}N)$	$\rho(COD_{Mn})$	$\rho(COD)$	$\rho(TP)$
西苕溪杨家埠站	0.49	4.05	13.9	0.077
长兴港长兴站	0.85	4.44	17.8	0.105
合溪新港大桥	0.19	3.04	12.3	0.048

从图 5 可以看出,浙西区 2003—2007 年入湖水量较少,与“引江济太”入湖水量增加成负相关关系。由于浙西区优质水入湖水量减少,对太湖水环境产生了负面影响。

4 讨论与建议

a. 随着 2000 年以来太湖流域引长江水量的增

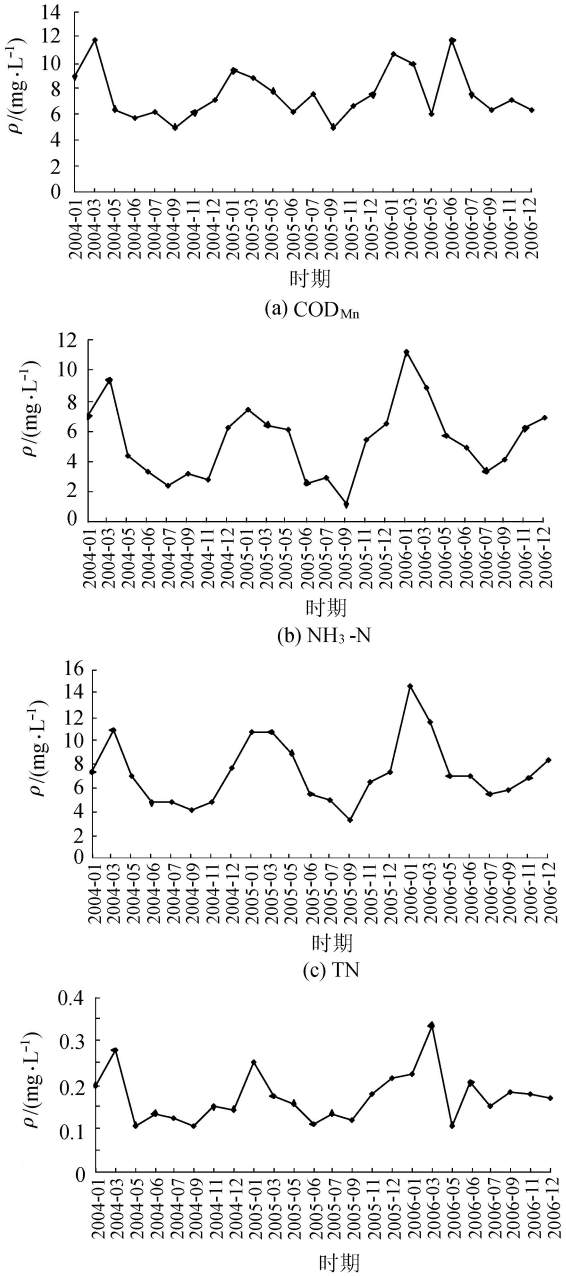

图 4　武进港雪堮断面 2004—2006 年水质状况

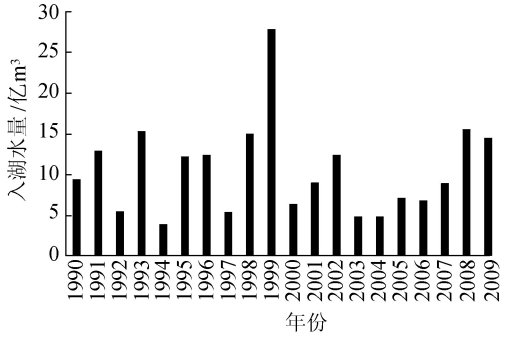

图 5　浙西区年入湖水量变化

加,进出太湖的水量也随之增加。入湖水量的增加主要通过湖西区、澄锡虞区和望虞河的“引江济太”工程,出湖水量的增加主要通过太浦河和杭嘉湖区向下游供水。

b. 引长江水“以清释污”,只能治标,不能治本,而且污染物质会向下游转移。2000 年以来,湖西区和澄锡虞区引江水量的大量增加,使竺山湖和梅梁湖的入湖水量大量增加,而浙西区的入湖水量减少,也就是入湖的劣质水多了,优质水少了,导致污染物大量沉积在竺山湖、梅梁湖和太湖西部沿岸区。

c. 太湖“吞”进的是污水,“吐”出的是清水,起到净化器的作用。太湖水面虽然较大,达 2 338.1 km^2,净化能力也较强,但是目前输入太湖的污染物远远超过太湖的纳污(自净)能力,太湖有富营养化加剧的趋势[5]。

d. 应严格强化陆域控源减排,优化“引江济太”调度方案,并适度控制湖西区和澄锡虞区的引长江水量,以减少竺山湖、梅梁湖、太湖西部沿岸区乃至整个太湖的污染物入湖量。由于目前望虞河西岸的污染物还没有得到有效控制,“引江济太”时必须防止太湖西岸污染物的入湖。

e. 应从流域层面加大对湖西区和澄锡虞区入湖河道的治污力度。

参考文献:

[1] 申金玉,石亚东,甘升伟,等. 太湖流域湖西区入湖水量变化趋势及成因分析[J]. 水资源保护,2011,27(4):48-54. (SHEN Jinyu, SHI Yadong, GAN Shengwei, et al. Changing trend of water entering western area of Taihu Lake Basin and causal analysis[J]. Water Resources Protection, 2011,27(4):48-54. (in Chinese))

[2] 申金玉,甘升伟,陈润,等. 环太湖出入湖水量影响因素分析及对策措施研究[J]. 水资源保护,2011,27(6):48-52. (SHEN Jinyu, GAN Shengwei, CHEN Run, et al. Analysis of influencing factors of inflow and outflow around Taihu Lake and countermeasures [J]. Water Resources Protection, 2011,27(6):48-52. (in Chinese))

[3] 盛东,徐兆安,高怡. 太湖湖区“黑水团”成因及危害分析[J]. 水资源保护,2010,26(3):41-44. (SHENG Dong, XU Zhaoan, GAO Yi. Cause and impact analysis of black water cluster in Taihu Lake[J]. Water Resources Protection, 2010,26(3):41-44. (in Chinese))

[4] 史晓新,禹雪中,马巍,等. 湖泊纳污能力动态特征分析及计算[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2008,6(2):105-110. (SHI Xiaoxin, YU Xuezhong, MA Wei, et al. Analysis and calculation of dynamic characteristics of lake environmental capacity[J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2008,6(2):105-110. (in Chinese))

(下转第 60 页)

业、企业排污口排污,合法的企业排污都要实现达标排放。

参考文献:

[1] 樊海宏,罗伟光,王敏. 立足沿江开发,推动江苏经济转型升级[C]//长江水利委员会,江苏省人民政府. 第四届长江论坛:河势控制与岸线利用分论坛论文集. 南京: 长江水利委员会,江苏省人民政府. 2011:1-7.

[2] 丁仲平,景卫华,陈辉. 长江南京段水功能区管理的若干思考[J]. 水电能源科学,2009,27(2):136-139. (DING Zhongping, JING Weihua, CHEN Hui. Thoughts on water function region management of nanjing section of yangtze river[J]. Water Resources and Power, 2009,27(2):136-139. (in Chinese))

[3] 燕文明,刘凌. 长江流域生态环境问题及其成因[J]. 河海大学学报:自然科学版,2006,34(6):610-613. (YAN Wenming, LIU Ling. Eco-environmental problems in Yangtze River Basin and their causes of formation[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2006,34(6):610-613. (in Chinese))

[4] 陆燕宁. 加强南京市饮用水源地水质安全的思考[J]. 黑龙江环境通报,2009,33(1):43-45. (LU Yanning. Countermeasures of strengthening drinking water source safety in Nanjing City[J]. Heilongjiang Environmental Journal, 2009,33(1):43-45. (in Chinese))

[5] 逄勇,赵棣华,姚琪,等. 长江江苏段区域供水水源地水质可达性研究[J]. 水科学进展,2003,14(2):184-188. (PANG Yong, ZHAO Dihua, YAO Qi, et al. Reaching function analysis of water quality in large water supply planning in the Yangtze River in Jiangsu Province[J]. Advances in Water Science ,2003,14(2):184-188. (in Chinese))

[6] 周克梅,陈卫,单国平,等. 南京长江水源地污染预测及应对措施研究[J]. 给水排水,2007,33(8):36-39. (ZHOU Kemei, CHEN Wei, SHAN Guoping, et al. Yangtze River water pollution prediction and countermeasures in Nanjing[J]. Water & Wastewater Engineering, 2007,33(8):36-39. (in Chinese))

[7] 江苏省水利厅,江苏省环保厅. 江苏省地表水(环境)功能区划[M]. 南京:江苏人民出版社,2003.

[8] 《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[9] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S].

[10] 张红举,翟淑华. 平原河网纳污能力核算方法研究[J]. 水资源保护,2009,25(5):24-27. (ZHANG Hongju, ZHAI Shuhua. Research on calculation of carrying capacity of plain river network[J]. Water Resources Protection, 2009,25(5):24-27. (in Chinese))

[11] 傅慧源. 长江干流水域纳污能力及限制排污总量研究[J]. 人民长江,2008,39(23):40-42. (FU Huiyuan. The Yangtze River water pollutant capacity and quantity control of pollution discharge[J]. Yangtze River, 2008, 39(23):40-42. (in Chinese))

[12] 周克梅,陈卫,单国平,等. 南京长江水源突发性污染应急水处理技术应用研究[J]. 给水排水,2007,33(9):13-16. (ZHOU Kemei, CHEN Wei, SHAN Guoping, et al. Research on emergent drinking water treatment against accidental pollution of public water source in Nanjing[J]. Water & Wastewater Engineering, 2007,33(9):13-16. (in Chinese))

(收稿日期:2011-12-13 编辑:高渭文)

(上接第 50 页)

[5] 毛新伟,徐枫,徐彬. 太湖水质及富营养化变化趋势分析[J]. 水资源保护,2009,25(1):48-51. (MAO Xinwei, XU Feng, XU Bin. Changes of water quality and eutrophication in Taihu Lake[J]. Water Resources Protection, 2009,25(1):48-51. (in Chinese))

[6] 蔡娟,许有鹏,石怡. 西苕溪径流变化特性及影响因素分析[J]. 水资源保护,2011,27(3):16-19. (CAI Juan, XU Youpeng, SHI Yi. Analysis of characteristics and influencing factors of runoff variations in Xitiaoxi Basin[J]. Water Resources Protection, 2011,27(3):16-19. (in Chinese))

[7] 陈培竹,张照余,许科文. 太湖调蓄,改善杭嘉湖平原水资源状况[J]. 水资源保护,2008,24(1):84-86. (CHEN Peizhu, ZHANG Zhaoyu, XU Kewen. Improvement of water resources in Hangjiahu Plain by storage regulation of Taihu Lake[J]. Water Resources Protection, 2008,24(1):84-86. (in Chinese))

[8] 陈亚男,逄勇,赵伟. 望虞河西岸主要入河支流污染物通量研究[J]. 水资源保护,2011,27(2):26-33. (CHEN Yanan, PANG Yong, ZHAO Wei. Study on flux of pollutants discharged into western Wangyu River Basin through main inflow river channels[J]. Water Resources Protection, 2011,27(2):26-33. (in Chinese))

(收稿日期:2012-01-31 编辑:彭桃英)