

2001-2002 水文年环太湖河道的水量及污染物通量*

许朋柱, 秦伯强

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要: 根据 2001-2002 水文年 115 条环太湖河道的同步环境监测资料, 对水量及污染物通量进行了估算. 全年的入湖水量为 $80.11 \times 10^8 \text{ m}^3$, 出湖水量为 $96.67 \times 10^8 \text{ m}^3$. 入湖水量主要通过西部河网以及西苕溪、望虞河等河流汇入太湖, 其中西部河网的入湖量占总入湖量的 60%; 出湖水量主要通过太浦河、东苕溪以及东部河网汇出太湖, 其中太浦河的出湖量占 47%. 污染物通量的估算结果是, COD_{Mn}、TN 及 TP 的入湖总通量分别为 37571 t/a、28658 t/a 及 1029 t/a, 出湖总通量分别为 35431 t/a、14600 t/a 及 668 t/a. COD_{Mn}、TN 及 TP 入湖通量通过西部河网进入太湖的比例占 63%、49% 及 47%; COD_{Mn}、TN 及 TP 出湖通量通过太浦河汇出太湖的比例占 51%、45% 及 34%. 通过与上世纪 90 年代以前相同年型的数据进行对比, 除 TP 外, 其它各种污染物的入湖量均明显增加, 且污染物在湖泊中的滞留率也显著提高. 由此说明, 环太湖河道入湖污染负荷的增加是太湖水环境恶化的根本原因.

关键词: 2001-2002 水文年; 环太湖河道; 水量; 外源负荷; 污染物通量

Water Quantity and Pollutant Fluxes of the Surrounding Rivers of Lake Taihu during the Hydrological Year of 2001-2002

XU Pengzhu & QIN Boqiang

(Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

Abstract: Based on the synchronous environmental monitoring of 115 surrounding rivers of the Lake Taihu during the hydrological year of 2001~2002, the water quantity and pollutant fluxes of these rivers were analyzed. In the whole hydrological year, total inflowing water was 8.01 billions m^3 , and total outflowing water was 9.67 billions m^3 . The water entering the lake was mainly from the western rivers, occupying about 60% of the total incoming runoff, and water leaving the lake mainly went through the Taipu River, which discharged about 47% the total volume. The estimation of pollutant fluxes were that, inflowing fluxes of COD_{Mn}, TN and TP were 37571 t/a, 28658 t/a and 1029 t/a respectively, of which about 63% COD_{Mn}, 49% TN and 47% TP were come from western rivers, and outflowing fluxes of COD_{Mn}, TN and TP were 35431 t/a, 14600 t/a and 668 t/a respectively, of which about 51% COD_{Mn}, 45% TN and 34% TP were discharged from the Taipu River. In comparison with monitoring data before 1990, except TP, the inflowing fluxes of all other pollutants increased remarkably, and as a result the retention rate of the pollutants also increased observably. It is indicated that the deterioration of the water quality of the Taihu lake was mainly caused by the increasing of inflowing pollutant loads.

Keywords: The hydrological year of 2001-2002; rivers around Lake Taihu; water quantity; external loadings; pollutant fluxes

湖泊中的污染负荷有内源及外源之分. 外源负荷一般通过入湖河道、大气的干湿沉降、地下水入渗以及湖泊四周的地表径流进入湖泊水体, 内源负荷则主要通过沉积物的释放进入湖泊水体. 在内、外源负荷的共同作用下, 湖泊水质在时间及空间上呈现多种多样的变化. 由于外源负荷在絮凝沉降的过程中向内源负荷转化, 因此, 尽管外源负荷可能不会对短期的湖泊平均水质产生特别大的影响^[1], 但是, 它对湖泊水质的长期变化起着决定性的作用. 由于这个原因, 在湖泊的水环境管理中, 首先必须强调外源负荷的估算, 然后据此作出控制策略.

太湖是一个典型的平原地区大型浅水湖泊, 其主要特点是环湖河道数量多^[2]. 太湖的外源负荷主要来

* 中国科学院知识创新工程资助(KZCX1-SW-12, KZCX2-31)项目. 2004-09-13 收稿; 2004-12-11 收修改稿. 许朋柱, 男, 1965 年生, 副研究员.

源于环太湖河道^[3]. 由于河道的水流流向顺逆不定, 因此采用常规的数学物理方法难以进行正确估算. 本研究采用水文水环境同步监测的方法, 通过对 2001 - 2002 水文年实测的水文及水质资料的分析, 对年总负荷量以及通量的年内变化规律进行分析. 这项研究的成果可为太湖的富营养化治理提供决策依据.

1 环太湖河道水文水质的同步监测

根据环太湖河道的构成、特点以及河道水文与污染物输运特性的分析, 基于以下的一些原则和方法, 对河道的水文及水质进行同步监测.

1.1 水文控制断面及水质采样断面的确定

此研究目的是估算出入湖河道的水量及污染物通量, 并在此基础上对湖泊的水量及营养盐平衡进行推算. 基于这一目的, 需要选择若干河道, 建立水文控制断面. 断面类型分基点站断面以及巡测站断面. 断面的选择原则和方法是: (1) 控制环太湖进出水量的 95%, 其中基点站断面控制水量 50% 以上; (2) 为了避免太湖水动力的脉动对断面水文特征的影响, 断面位置应与湖泊岸线保持一定距离; (3) 巡测断面应设置在公路线的桥梁上, 便于巡测.

根据以上原则, 参照江、浙两省水文部门的水文巡测断面, 确定水文控制断面. 断面总数为 115 个, 其中基点站断面数为 18 个, 其余断面为巡测站断面. 断面主要分布在宜兴湖滨公路(西)、104 及 318 国道线(南)、虞王线(东)以及 312 国道线(北)等公路上. 断面的地区分布是: 苏州 45 处, 其中基点站断面 6 处; 无锡 37 处, 其中基点站断面 7 处; 湖州 33 处, 其中基点站断面 5 处. 基点站断面控制的环太湖河道有 20 条, 分别为西苕溪、三里桥港、东苕溪、长兴港、鼓楼港、陈东港、槽桥河、殷村港、武进港、直湖港、梁溪河、五里湖、大溪港、元塘桥港、望虞河、新运河、大浦港、胥江、浒光运河、太浦河.

水质采样与水文测量同步进行. 采样断面确定的原则是: (1) 流经监测断面的污染负荷占总负荷的 80% 以上; (2) 监测断面的水质状况与周围河道的平均水质状况相近. 基于此, 选择一半共 58 条河道进行水质采样. 采样断面的地区分布是: 无锡及苏州各 20 处, 湖州 18 处.

1.2 水文及水质监测的频次及水质分析项目

根据水文水质测量规范以及江浙两省水文部门利用巡测资料推算太湖水量平衡的经验, 确定水文测量频次: 基点站的流量测验频次为逐日测量, 巡测站的流量测量频次为逐月或每个月测量两次. 水质采样频次与巡测频次相同. 测验时段选择 2001 - 2002 年的一个完整水文年进行, 即从 2001 年汛前的 5 月份开始测量, 到 2002 年 4 月底结束. 巡测测次: 一年中(2001 年 5 月 - 2002 年 4 月)共测验 15 次, 其中 2001 年 6、7、8 月份每月测验 2 次, 5、9、10、11、12 月以及 2002 年 1、2、3、4 月每月测验 1 次, 测验工作基本是同步进行. 一般地, 一月测一次时为每月 14、15 日(一天完成巡测任务的测站定在 15 日); 一月测两次时为每月的 14、15 日以及 29、30 日, 遇特殊情况除外.

水质分析项目有: TN、TP、COD_{Mn}、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、DTP. 水质分析标准采用《GHZB1 - 1999 地表水环境质量标准》以及《湖泊生态调查与观测分析标准》.

2 水量及污染物通量计算结果

2.1 水量计算结果

根据基点站的 2001 - 2002 水文年的逐日平均流量, 统计计算各条河道的径流特征. 在基点站和巡测站流量成果相关关系分析的基础上, 推算各个巡测段的逐日流量, 然后, 根据各条河道的过水面积、水力半径等河道的水力学特征, 确定每条巡测河流的逐日流量. 最后, 对太湖的水量平衡进行估算.

2.1.1 环太湖河道的径流特征 从逐日径流量来看, 在全年的时间内, 几乎所有河道既有入湖径流, 又有出湖径流, 但是, 太湖西部、西南部及北部河道以入流为主, 东南部及东部河道以出流为主. 西部宜兴河网的入流时间为 340 d 左右, 西南部长兴河网的入流时间为 300 d 左右, 北部无锡市区除武进港外, 其余河道的入流时间约占全年三分之二时间. 东南部湖州东部河网三分之二为出流时间, 三分之一为入流时间, 东部苏州河网的出流时间多在 300 d 以上. 东苕溪及望虞河既是最大的入湖河道之一, 又是最大的出湖河道之一, 由于两河的入湖与出湖水量大致相抵, 因此, 净入或净出太湖水量并不很多. 杨家埠、杭长桥、望亭枢纽

及陈东港桥等断面的最大日均入湖流量分别达 273、400、240 及 147 m^3/s , 杭长桥、望亭枢纽、新运河大桥及平望大桥等断面的最大日均出湖流量分别达 -122、-177、-183 及 -296 m^3/s . 从年入湖径流总量来看, 超过 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的河流有 18 条, 其中, 宜溧河流域下游的陈东港入湖径流最多, 达 $9.98 \times 10^8 \text{ m}^3$, 其余入湖径流较多(超 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$) 的河流有望虞河、东苕溪、西苕溪等河流, 其中望虞河的入湖水量为引江济太水量. 年出湖径流量超过 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的河流有 7 条, 太浦河的泄水量最多, 达 $45.90 \times 10^8 \text{ m}^3$ (太浦河出湖量为平望大桥及新运河大桥下泄水量之和), 占总出湖径流量的 47%, 其它重要的出湖河道是东苕溪、望虞河及胥江(超 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$). 每条河年入湖径流减去出湖径流定义为该河的净入太湖水量, 在 115 条河流中, 全年净入太湖水量为正的河道有 50 条(这些河道以入流为主), 其余 65 条河道净入太湖水量为负(以出流为主). 从逐月平均流量来看, 各条河道的径流量在年内分配非常不均, 总体来说, 入湖河道在 6-8 月的来水量相对较多, 而在其它月份, 来水较少甚至出现倒流, 出湖河道在 7-9 月出湖流量有所增加.

2.1.2 太湖水量平衡 根据各水文断面的径流量、湖区降水量及蒸发量以及湖泊蓄水量容的变化, 经分析计算, 得到如下的水量平衡表(表 1).

表 1 2001-2002 水文年期间太湖水量平衡
Tab. 1 Water balance of the Taihu Lake during the hydrological year of 2001-2002

入湖径流 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	出湖径流 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	湖面降水 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	湖面蒸发 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	湖泊蓄量变化 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	区间产流、河网蓄量变化 及其它($\times 10^8 \text{ m}^3$)
80.11	-96.67	27.19	-17.71	-5.38	12.46

2.2 污染物通量的计算结果

2.2.1 出入湖河流年总通量 根据环太湖河道的流量及水质数据, 统计计算出各种污染物在各个月份通过每条河流汇入或汇出太湖的通量, 然后汇总成年总通量(表 2). 可以看出, 所有污染物的入湖量均超过出湖量, 污染物在湖泊中有一定程度滞留. $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的滞留率最大, 达 62.3%, 其次为 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 也超过 60%, TN、TP 的滞留率为 35% 左右, COD_{Mn} 的滞留率最少, 为 5.7%.

表 2 2001-2002 水文年期间环太湖河流污染物年总通量
Tab. 2 Total yearly fluxes of different pollutants of all surrounding rivers of the Lake Taihu during the hydrological year of 2001-2002

	COD_{Mn}	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	$\text{NO}_2^- - \text{N}$	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	TN	TP	DTP
入湖(t/a)	37571.06	12431.70	1007.86	10469.12	28657.97	1029.37	610.32
出湖(t/a)	-35431.36	-4864.99	-379.77	-5862.28	-14599.90	-668.27	-400.87
差值(t/a)	2139.70	7566.71	628.09	4606.83	14058.07	361.10	209.45
污染物滞留率	5.7%	60.9%	62.3%	44.0%	49.1%	35.1%	34.3%

2.2.2 入湖通量的主要来源 在所有环太湖河道中, COD_{Mn} 入湖通量超过 100 t/a 的河流有 38 条, 其中超过 1000 t/a 的河流有 11 条; TN 通量超过 100 t/a 的河流有 36 条, 其中超过 1000 t/a 的河流有 10 条; TP 通量超过 10 t/a 的河流有 27 条, 其中超过 100 t/a 的河流有 1 条. 陈东港排入太湖的 COD_{Mn} 最多, 达 5205.9 t/a, 位于其后 4 位的河流是漕桥河、望虞河、沙塘港及殷村港; 望虞河的 TN 通量为 3310.7 t/a, 排在首位, 其后 4 位的河流是陈东港、漕桥河、殷村港及西苕溪; 望虞河也是 TP 的最大入湖通量河流, 入湖量为 101.7 t/a, 漕桥河、西苕溪、陈东港及东苕溪的通量排 2-5 位. 望虞河、沙塘港、陈东港及东苕溪分别是 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 及 DTP 的最大入湖通量河流. COD_{Mn} 、TN 及 TP 入湖通量排名前 20 位的河流的通量之和为 30538、23999 及 835 t/a, 分别占该污染物总入湖通量的 81%、84% 及 81%.

2.2.3 出湖通量的汇出途径 出湖污染物具有集中输出的特点. 太浦河是所有污染物的最大出湖通量河道, COD_{Mn} 、TN 及 TP 的通量分别为 -18028.6、-6567.1 及 -226.3 t/a, 占太湖总出湖通量的 51%、45% 及 34%. 在环太湖河道中, COD_{Mn} 及 TN 出湖通量超过 -100 t/a 的河流分别有 38 及 16 条, 均超过 -1000 t/a

的河流分别有 4 及 3 条; TP 出湖通量超过 -10 t/a 的河流有 8 条, 超过 -100 t/a 的河流有 1 条. COD_{Mn} 、TN 及 TP 出湖通量排前 20 位的河流的通量之和为 -30878 、 -12693 及 -559 t/a , 分别占该污染物总出湖通量的 87%、87% 及 84%.

2.2.4 出入湖通量的年内变化 随着径流量以及污染物浓度的变化, 各种污染物出入湖通量也呈现显著地年内变化. 入湖通量一般在 6-8 月出现峰值, 而出湖通量在 7-9 月出现峰值. 因望虞河引江济太的影响, 3 月份各种污染物的入湖通量也较大. 以 COD_{Mn} 为例, 入湖月通量最大值(出现在 6 月)是最小值(2 月)的 3.82 倍, 出湖通量最大值(7 月)是最小值(5 月)的 3.74 倍. 东苕溪以及望虞河等河流的出入湖通量的年内变化最为显著. 这两条河流既是较大的污染物输入通量河流, 也是较大的污染物输出通量河流. 东苕溪在 2001 年 6 月、8 月以及 2002 年的 3、4 月等月份, 污染物通量为正值(向太湖输入污染物), 而在其它月份, 污染物通量为负值(从太湖输走污染物); 望虞河在 2001 年 5 月、10 月以及 2002 年的 2、3 月等月份, 通量为正, 其它月份, 通量为负.

2.2.5 河道污染物净入(净出)太湖通量的特点 每种污染物通过每条河道的年入湖通量减去出湖通量定义为该污染物在该河道的净通量, 数值为正, 为净入太湖通量, 数值为负, 为净出通量. 经统计, COD_{Mn} 净通量为正的河道有 50 条, TN 及 TP 净通量为正的河道均有 55 条. 陈东港是 COD_{Mn} 及 TN 的最大净入太湖通量河道, 漕桥河是 TP 的最大净入太湖通量河道; 太浦河是所有污染物的最大净出通量河道. 望虞河 COD_{Mn} 、TN 及 TP 的净通量分别为 -176.9 、 1891.3 及 38.0 t/a , 其中, COD_{Mn} 为净出通量, 在净出通量由大到小排序的河道中, 排在第 12 位, TN 及 TP 为净入通量, 在净入通量由大到小排序的河道中, 分别排第 3 及第 7 位.

3 结果分析与讨论

3.1 流域水利工程建设以及水资源调配方式的变化改变了环太湖河道的径流特征及太湖的水量平衡

太湖湖区大浦、夹浦、小梅口、平望、望亭及西山 6 个雨量站在 2001-2002 水文年期间的平均降雨量(1163 mm)与流域的多年平均降雨量(1182 mm)相当, 因此, 本研究近似地认为, 巡测测出的资料反映的是最近的正常年份的环太湖河道径流特征及水量平衡特征. 通过与上世纪 90 年代以前正常年份出入湖径流资料进行对比, 本研究得出如下的分析结论:

(1) 近年来, 随着环太湖大堤工程以及其它流域骨干水利工程的建设, 太湖及其环湖河道的水文特性已经发生很大改变: 湖泊水位抬升, 蓄水量增多; 主要河道出入太湖的流量及径流总量发生显著改变.

(2) 受望虞河引江济太及杭嘉湖地区工农业用水量增加的影响, 东、西苕溪以及湖州河网汇入太湖的水量显著减少, 河流水文特性发生较大改变, 许多河道全年约有 2/3 时间出现逆流. 在全年期间内, 湖州境内包括东、西苕溪在内的 34 条河道的入湖径流量仅为 $23.14 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占太湖总入湖量的 29%, 在这部分径流量中, 又有 $21.53 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的径流量在枯水期回流至杭嘉湖地区, 净入太湖的水量仅 $1.61 \times 10^8 \text{ m}^3$. 而在上世纪 90 年代以前, 在一般水文年份, 经东、西苕溪等河流汇入太湖的水量约占太湖总入量的 50% 以上.

(3) 受常州及无锡沿江地区引江的影响, 太湖西部及西北部地区入太湖水量有所增加, 在入湖水量中所占的权重也较大. 全年经宜兴河网以及武进港及直湖港等河流汇入太湖的水量为 $47.13 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占太湖总汇入量的 60%, 而出太湖水量仅 $3.93 \times 10^8 \text{ m}^3$, 净入太湖的水量达到 $43.20 \times 10^8 \text{ m}^3$, 为湖州河网净入量的 8 倍.

(4) 苏州河网虽然也有少量径流汇入太湖($9.84 \times 10^8 \text{ m}^3$), 但其主要功能以出流为主, 出流的总水量达 $71.21 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占总出量的 75%.

(5) 目前太湖具有分散入流、集中出流的特点. 大型骨干河道的出流作用非常特出, 太浦河在全年的总出量达 $45.90 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占太湖总出量的 47%.

3.2 太湖的污染物主要来自湖泊西部, 湖西区的环境治理是重点

太湖的污染物可以通过环太湖的各条河流向太湖输送, 但是, 由于东部河流以出流为主, 因此, 在一般情况下, 通过该区域河流输入到太湖的污染物不是很多. 随着太湖南部地区河川径流量的改变, 目前通过南部区域河流进入到太湖的污染物也占较少比例. 北部河流虽然污染物的浓度很高, 但是, 由于入湖径流

量少,因此,各种污染物进入太湖的量并不是特别多. 表3是各种污染物年总入湖通量的区域分布. 可以看出,各种污染物通过太湖东部、南部以及北部河网进入太湖的通量比例分别介于6.6% - 18.4%、7.5% - 28.7%以及9.6% - 32.7%之间,而通过西部区域河网进入到太湖的通量达到41.4% - 62.6%. 由此可以看出,太湖的污染物主要来自太湖西部的宜溧河流域以及洮、滆湖流域,因此,湖西区的环境治理是重点. 值得指出的是,由于太湖北部靠近无锡城区,河道的污染物浓度相当高,对梅梁湖等局部湖湾的水质造成很大影响,因此,北部地区的环境治理也不能忽视.

表3 各种污染物年总入湖通量的区域分布¹⁾
Tab.3 Regional distribution of total inflowing fluxes of different pollutants

区域	COD _{Mn}	NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	TN	TP	DTP
湖州(太湖南部)(t/a)	5533.89	935.80	168.83	2999.58	4552.45	278.03	162.05
占入湖通量比例(%)	14.7	7.5	16.8	28.7	15.9	27.0	26.6
宜兴(太湖西部)(t/a)	23502.78	5149.78	543.05	5372.91	14146.38	479.82	284.34
占入湖通量比例(%)	62.6	41.4	53.9	51.3	49.4	46.6	46.6
无锡市区(太湖北部)(t/a)	5326.63	4059.72	229.30	1005.61	6115.14	150.54	87.98
占入湖通量比例(%)	14.2	32.7	22.8	9.6	21.3	14.6	14.4
苏州(太湖东部)(t/a)	3207.76	2286.40	66.68	1091.02	3843.99	120.97	75.96
占入湖通量比例(%)	8.5	18.4	6.6	10.4	13.4	11.8	12.4

1) 望虞河被归入苏州河网.

太湖南部区域入太湖通量的减少主要源于入太湖河流倒流流量的增加. 在1987及1988两年期间(前1年是偏丰,后1年是偏枯,两年平均相当于平水年),东苕溪杭长桥站的出湖水量平均约为入湖水量的60%,而在2001-2002水文年期间,出湖水量已大体与入湖水量相等. 从表4可以看出,在1987年期间,COD_{Mn}、TN以及TP的净入湖量均约占入湖量的一半左右,但在2001-2002水文年期间,除TP所占比例与1987年相当外,其余两种污染物的净入湖量均显著减少,其中COD_{Mn}的净入湖量为负值,即出湖量大于入湖量.

3.3 与1987-1988水文年相比,污染物的入湖通量增加,滞留率增加,导致太湖水质恶化

利用1987-1988水文年的环湖河道污染负荷资料^[3],经过统计,得到表5所示的入出太湖通量的比较结果. 从表中可以看出,除TP外,其它各种污染物的入出太湖通量均显著不同(说明:1987-1988水文年为偏丰年份,污染物的入出通量相对较大,如果是与2001-2002水文年的水文频率相同,两个水文年的入出通量差别应当更加显著). 从表中还看出,COD_{Mn}、TN及NO₂⁻-N的入湖量分别增加16.1%、41.6%、及184.7%,而出湖通量分别减少5.8%、32.0%及13.4%,由此导致这几种污染物滞留率的增加;NH₄⁺-N及NO₃⁻-N的出湖通量虽然有所减少,但其入湖量增加很多,达131.8%及391.6%,因而,滞留率也是增加的. 由此说明,与1987-1988水文年相比,入湖污染物通量及滞留率的增加是太湖水质恶化的根源.

表4 杭长桥站1987年与2001-2002水文年污染物出入太湖通量的比较

Tab.4 Comparison of pollutant fluxes of the year 1987 and the hydrological year 2001-2002 at Hangchangqiao station

通量	1987年			2001-2002年		
	COD _{Mn}	TN	TP	COD _{Mn}	TN	TP
入湖(t/a)	3289.05	1523.32	79.52	1092.02	914.54	75.06
出湖(t/a)	-1780.43	-690.46	-36.04	-2361.35	-638.97	-36.41
净入湖量(t/a)	1508.6	832.9	43.5	-1269.33	275.57	38.65
净入湖量占入湖量百分比(%)	45.9	54.7	54.7	-116.2	30.1	51.5

表 5 1987 - 1988 与 2001 - 2002 水文年污染物通量的比较

Tab. 5 Comparison of pollutant fluxes of the hydrological year 1987 - 1988 and 2001 - 2002

污染物	1987 - 1988 年				2001 - 2002 年			
	入湖 (t/a)	出湖 (t/a)	净入湖 (t/a)	滞留 (%)	入湖 (t/a)	出湖 (t/a)	净入湖 (t/a)	滞留 (%)
COD _{Mn}	32359.00	-37602.60	-5243.60	-16.2	37571.06	-35431.36	2139.70	5.7
TN	20241.20	-21478.40	-1237.20	-6.1	28657.97	-14599.90	14058.07	49.1
TP	1552.22	-907.71	644.51	41.5	1029.37	-668.27	361.10	35.1
NH ₄ ⁺ - N	5362.55	-4336.04	1026.51	19.1	12431.70	-4864.99	7566.71	60.9
NO ₂ ⁻ - N	353.98	-438.31	-84.33	-23.8	1007.86	-379.77	628.09	62.3
NO ₃ ⁻ - N	2129.48	-3750.10	-1620.62	-76.1	10469.12	-5862.28	4606.83	44.0

4 结论

(1) 受人类活动的影响,太湖已经由自然湖泊向人工蓄水湖泊转型,因此,环湖河道的水文特性除受流域降雨径流变化、湖泊水动力脉动等因素影响外,还与水利工程调度密切相关. 太浦河及望虞河等大型水利枢纽工程的运行调度,对环太湖河道的水文特性产生很大影响. 目前,太湖已经具备蓄水湖泊所呈现的分散入流、集中出流特点.

(2) 环太湖河道的污染物输运特性除受水文特性影响外,还与上游地区以及环湖周边地区污染物的排放量有关,因此,污染物输入输出通量的变化比水量变化更为复杂. 湖西地区年径流量大,污染物浓度也较高,通过该地区河道汇入到太湖的污染物通量占总通量的一半左右. 因此,必须加强湖西地区的水环境治理.

(3) 望虞河引江济太虽然将北部苏州及无锡地区的污染物带入太湖,但是,由于湖泊南部河流的倒流机率增加,污染物进入太湖的通量显著减少,因此,引江济太不会给太湖总体水环境带来很大影响.

(4) 太湖水环境恶化是环湖河道入湖污染负荷增加的直接后果. 通过制定入湖河道污染物的控制策略,能够在根本上减缓太湖水环境的恶化趋势.

致谢: 本研究的同步水文监测以及水样采集委托给江苏省水文水资源勘测局,水样的水质分析委托宜兴市环境监测站完成,特此致谢.

5 参考文献

- [1] Petri Ekholm, Olli Malve & Teija Kirkkala. Internal and external loading as regulators of nutrient concentrations in the agriculturally loaded Lake Pyhäjärvi (southwest Finland). *Hydrobiologia*, 1997, **345**: 3 - 14.
- [2] 孙顺才, 黄漪平. 太湖. 北京: 海洋出版社, 1993: 19 - 21.
- [3] 黄漪平等. 太湖水环境及其污染控制. 北京: 科学出版社, 2001: 231 - 241.