

鄱阳湖水文特征 及湖泊纳污能力季节性变化分析

金国花¹, 谢冬明^{2,3,4,5*}, 邓红兵³, 严岩³, 刘梅影⁴, 王钰¹

(1. 江西省气象信息中心, 江西 南昌 330046; 2. 中国科学院 城市环境研究所, 福建 厦门 361012; 3. 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域国家重点实验室, 北京 100085; 4. 江西省山江湖开发治理委员会办公室, 江西 南昌 330046; 5. 江西省遥感信息系统中心, 江西 南昌 330046)

摘要: 分析了鄱阳湖水文和湖泊纳污能力的季节性特征。结果表明, 鄱阳湖水文季节性变化显著, 多年高于 19.5 m 水位的频率主要出现在 20 世纪 90 年代, 低于 7.5 m 水位的频率主要出现在 20 世纪 60 年代左右, 但年内变化比年际变化的差异大。多年最大月平均容量是多年最小月平均容量的 2 个数量级以上, 最大月平均容量是 7 月, 为 $182.4 \times 10^8 \text{ m}^3$; 最小月平均容量是 1 月, 为 $4.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。鄱阳湖水体自净时间平均为 19 d, 水量交换系数为 21.33。湖泊纳污能力季节性变化明显, 在 1 年之中, 7 月份的纳污能力最大, 1 月份的纳污能力最小。在当前情况下, 湖泊对 COD_{Mn} 的纳污能力只有 5 月—10 月等 6 个月的纳污能力在 III 级标准之上, 4 月和 11 月处于 III 级标准的临界点, 其余月份的纳污能力在 III 级标准之下; 7 月最大纳污能力为 111 466 t, 1 月最小纳污能力为 2 649 t。湖泊全年对总磷的纳污能力都在 III 级标准之下, 鄱阳湖全年处于磷超标状况。湖泊对 TN 的纳污能力只有 4 月—11 月等 8 个月的纳污能力都在 III 级标准之上, 其余月份的纳污能力都在 III 级标准之下; 7 月最大纳污能力为 18 574 t, 1 月最小纳污能力为 442 t。鄱阳湖迄今未出现大面积的富营养化现象也与湖泊容量的季节性变化特征有关。

关键词: 水文; 纳污能力; 季节性变化; 富营养化

中图分类号: X524 文献标志码: A 文章编号: 1000 - 2286(2011) 02 - 0388 - 06

On Seasonal Hydrographic Variety and Environmental Capacity of Poyang Lake

JIN Guo-hua¹, XIE Dong-ming^{2,3,4,5*}, DENG Hong-bing³,
YAN Yan³, LIN Mei-ying³, WANG Yu¹

(1. Jiangxi Province Meteorological Information Centre, Nanchang 330046, China; 2. Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361012, China; 3. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco - Environment Science, Chinese Academy of Science, Beijing 100085, China; 4. Office of MRL Development Committee of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China; 5. Center for RS & GIS Application of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China)

Abstract: This paper analyzes the seasonal hydrographic characteristics and environmental capacity of Poyang Lake according to the present situation. The result indicates that the frequency of water level above 19.5 m mainly occurred in 1990s, the frequency of water level below 7.5 m mainly occurred in 1960s. The seasonal

收稿日期: 2010 - 12 - 06 修回日期: 2011 - 02 - 10

基金项目: 江西省鄱阳湖生态经济区重大招标课题(08ZD501) 和江西省软科学研究计划项目(2010DR01600)

作者简介: 金国花(1979—)女, 工程师, 主要从事农村经济与农村信息服务研究, E-mail: guohua jin2005@163.com;

* 通讯作者: 谢冬明, E-mail: 271540168@qq.com。

change in hydrographic characteristics of Poyang Lake is prominent. The multi-year maximal making average content is two quantitative scales more than the minimal one, the maximal content is in July, with $182.4 \times 10^8 \text{ m}^3$, the minimal content is in January, making $4.4 \times 10^8 \text{ m}^3$. It has a 19-day self-purification period, and the coefficient of water exchange is 21.33. The environmental capacity of Poyang Lake varies remarkably with seasons. The maximal capacity is in July, and the minimal capacity is in January. The capacity to COM_{Mn} beyond the III is in the period from May to October, it is at the critical dot in April and November, it is below the III in the other months; the maximal environmental capacity is 111 446 t, and the minimal capacity is 2 649 t. The capacity to TP is below III in the whole year. The capacity to TN beyond the III is in the period from April to November, below the III in the other months; the maximal environmental capacity is 18 574 t, and the minimal capacity is 442 t. There no large-scale eutrophication has occurred in Poyang Lake; which is related to the seasonal variety of water content.

Key words: hydrology; environmental capacity; seasonal variety; eutrophication

鄱阳湖是中国最大的淡水湖泊,是国际重要的湿地,在保护生物多样性方面发挥了重要的作用^[1]。近些年来,随着鄱阳湖流域社会经济的快速发展和工业化程度的不断提高,通过不同渠道进入鄱阳湖的污染物类型和数量也大大增加^[2]。据有关部门监测统计,2001—2005年间每年直接和间接进入鄱阳湖的污染物质如化学需氧量、氨氮等分别达30.6万t、8 564.86 t。过多的污染物质进入湖泊,经过与水体的接触和反应,会对湖泊生物多样性和湖泊水质造成很大的影响。湖泊生物种群消失,水质恶化,湖泊富营养化等与湖泊水质状况有关^[3]。由于鄱阳湖具有重要的地位,因此受到国内外科科研工作者的普遍关注和相关部门的高度重视,有关鄱阳湖的研究很多,研究的领域也非常广泛。如有关鄱阳湖的地质演变历史和风土人情的研究、水文特征的研究、水质状况的研究、湿地生态服务功能价值及其保护的研究等^[4-8]。但是过去相关的研究并没有对鄱阳湖的水文及纳污能力的季节性变化特征进行深入的分析,在计算有关指标时,一般会将会鄱阳湖的水文特征界定在某一个近似的均衡点(例如以年均或平水期作为计算的边界条件),按照这一个均衡点的数值进行水文和生态环境方面的计算和评价^[9-10]。

然而,鄱阳湖是一个吞吐性湖泊,也是一个过水性湖泊和季节性湖泊。鄱阳湖的水文特征季节性变化明显,湖泊容量的显著变化会影响湖泊的其它功能特征。因此任何近似的假设,会与实际情况相距甚远。为了更加准确评价鄱阳湖水体纳污能力,本文在充分分析鄱阳湖水文季节性变化特征的基础上,对鄱阳湖水体纳污能力的变化特征进行分析。使得人们对鄱阳湖的认识更加客观实际,科学合理,有利于鄱阳湖的保护和管理。

1 研究区、数据与方法

1.1 研究区

鄱阳湖位于北纬 $28^{\circ}22'$ ~ $29^{\circ}45'$,东经 $115^{\circ}47'$ ~ $116^{\circ}45'$ 。地处江西省的北部,长江中下游南岸。鄱阳湖以松门山为界,分为南北两部分,北面为入江水道,长40 km,宽3~5 km,最窄处约2.8 km;南面为主湖体,长133 km,最宽处达74 km^[11]。警戒水位为19.5 m(湖口站)。水位(14~15 m)时,湖区面积约3 000 km²。在最高水位(约22 m)时,湖区面积可达5 000 km²,最低水位时(约6 m)时,湖区面积不足50 km²。

鄱阳湖承接了赣江、抚河、信江、饶河、修河五大江河水及博阳河、漳河、潼河之来水,经调蓄后由湖口注入长江^[12-13]。鄱阳湖地属亚热带潮湿的季风气候。年降雨量为1 400~1 900 mm。年平均气温为17℃。最低气温在1月份,平均气温为4.7℃。年平均无霜期约为280 d。近年来鄱阳湖水质基本在IV级左右,造成水质超标的污染物质主要是总磷和总氮,特别是总磷超标严重^[14]。

1.2 数据与方法

数据采用江西省水文部门监测的鄱阳湖水文数据(流量、水位等),时间为1950—2005年共56年的数据。采用SPSS统计软件,对于缺失数据采用线性拟合的方式求得,分析鄱阳湖多年水文变化特征及年内变化特征。

根据鄱阳湖容量与水位之间的定量关系^[15-17],分析计算鄱阳湖多年月平均容量、湖泊水体自净时间和湖泊水量交换系数。

湖泊水环境容量应是指湖泊水环境在一定功能要求、设计水文条件和水环境质量目标下,所允许容纳的污染物最大数量^[18]。湖泊纳污能力即湖泊水环境容量是非常复杂的问题,与鄱阳湖的水体运动特征和污染物的物理化学性质密切相关,同时与水质目标也有关系^[19]。一般认为,在水环境容量研究中,关键的技术问题是水环境容量模型的选定^[20]。鉴于鄱阳湖的独特性,研究中采用较为简单的一维简略模型。

$$w = c_0 \times v \tag{1}$$

$$w_{测} = c_{测} \times v \tag{2}$$

$$w_{纳} = w - w_{测} \tag{3}$$

①式中 w 为湖泊接纳污染物质的最大量(理想环境容量), c_0 为水体污染物质目标浓度, v 为湖泊容量; ②式中 $w_{测}$ 为当前监测的污染物质接纳量, $c_{测}$ 为当前监测的污染物质浓度; ③式中, $w_{纳}$ 为湖泊纳污能力,即实际环境容量。在计算过程中,湖泊水体纳污能力的计算边界条件采用的水质标准参照国家颁布的地表水质环境标准^[21]。

2 结 果

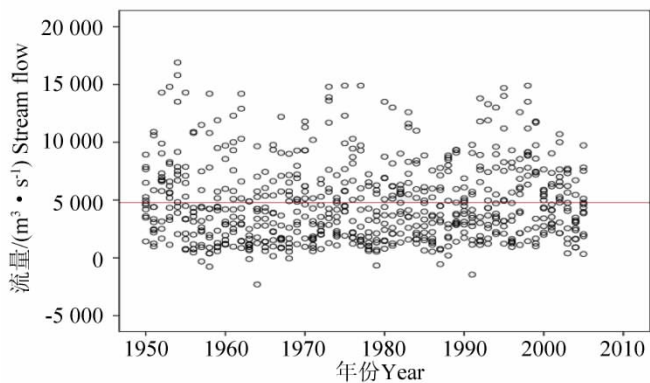
2.1 鄱阳湖水文特征

鄱阳湖多年月平均的入江流量,容量及水位特征见图 1,2,3,极大值和极小值出现的概率比较低,表明鄱阳湖的月平均入江流量,容量及水位季节性变化明显,分布较为集中。通过 Pearson 相关性检验表明,鄱阳湖多年月平均的水位与多年月平均的入江流量的相关系数为 0.572(0.01 水平),表明鄱阳湖水位与入江流量之间有一定的相关性,但相关性并不显著。

鄱阳湖月平均的入江流量最小值为负值,这主要是鄱阳湖受到长江水倒灌的影响,出现的时间为 1957、1958、1987、1991 年的 7 月,1963 年的 8 月,1964、1967、1979 年的 9 月;最大流量 14 900 m³/s,为 1998 年的 6 月。

低于 7.5 m 的水位主要出现在 60 年代左右,一般发生在 12—2 月,1963 年的最低水位为 6.07 m,是历史最低的;高于 19.5 m 的水位主要出现在 90 年代,一般发生在 6—9 月,1998 年的最高水位为 22.05 m,是历史最高的(图 4,图 5)。

鄱阳湖水位年内变化非常明显,多年月平均最高水位与最低水位相差 10 m 以上。多年年际水位方差为 1.243~4.183,变差系数为 0.085 6~0.163 7;多年年内水位方差为 6.413~25.467,变差系数为 0.205 2~0.376 0,年内变化比年际变化的差异大,多年平均年内变化特征见图 6。



红线为多年月平均流量。流量为负值,表明当月为长江倒灌量大于湖泊入江流量。

The red - line is the multi - year month average flow. When the flow was below the zero, it was bigger flow from Yangtze River to Poyang Lake than from Poyang Lake to Yangtze River.

图 1 鄱阳湖多年入江流量特征

Fig. 1 The characteristic of stream flow

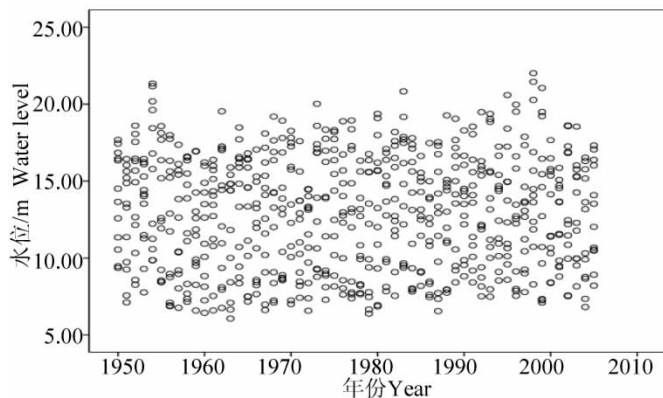


图 2 鄱阳湖多年水位特征

Fig. 2 The characteristic of water level

鄱阳湖最大月平均容量出现在 8 月,最小月平均容量出现在 2 月,最大容量是 1998 年的 8 月,为 $323.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,最小容量是 1963 年的 2 月,为 $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,多年平均最大容量是 7 月,为 $182.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,多年平均最小容量是 1 月,为 $4.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。表明鄱阳湖容量季节性变化非常明显。

图 6 是鄱阳湖水体自净时间和水量交换系数的变化情况,鄱阳湖水体自净时间非常短,多年平均为 19 d,其中最短的自净时间为 1 d,主要发生在枯水期的 1—2 月;最长的自净时间为 273 d (不考虑长江倒灌鄱阳湖的情况),主要发生在丰水期的 7 月。鄱阳湖多年水量交换系数为 21.33,其中 12—2 月份的水量交换系数较大,其中最大值约为 290;7—8 月水量交换系数较小,最小值约为 1。湖泊水量交换系数反映了湖泊一年中水体更换的次数,交换系数越大,表明湖泊水体一年中更新次数越多,水体更新就越快,湖泊水量交换系数对于研究湖泊污染物的治理具有重要的参考意义。

2.2 鄱阳湖纳污能力特征

鄱阳湖水体的自净时间很短,湖泊水量交换系数较大,水体在湖泊中的停留时间比较短暂,污染物质进入湖泊后所停留的时间也比较短,污染物质以及在湖泊中相互反应生成的污染物质会在很短的时间内被排除到湖泊之外,在计算时可以忽略污染物质的衰减等要素,并可以不考虑湖泊污染物背景浓度,在这种情况下,根据鄱阳湖纳污能力的一维模型计算的结果见图 7~图 9,其中红色曲线是当前湖泊月平均所接纳的污染物质质量。

鄱阳湖容量的季节性变化特征对水体纳污能力的影响是非常显著的,在一年之中,7 月份的纳污能力最大,1 月份的纳污能力最小。在目前鄱阳湖流域的污染物排放情况下,湖泊对 COD_{Mn} 的纳污能力 5 月—10 月 6 个月的纳污能力在 III 级标准之上,4 月和 11 月处于 III 级标准的临界点,其余月份的纳污能力在 III 级标准之下;III 级标准的最大纳污能力是 7 月,为 111 446 t,最小纳污能力是 1 月,为 2 649 t (图 7)。鄱阳湖全年对总磷的纳污能力都在 III 级标准之下,鄱阳湖全年处于磷超标状况(图 8),这一结论与江西省环境保护部门多年的监测结果是一致的。鄱阳湖对 TN 的纳污能力 4 月—11 月 8 个月的纳污能力都在 III 级标准之上,其余月份的纳污能力都在 III 级标准之下;III 级标准的最大纳污能力是 7 月,为 18 574 t,最小纳污能力是 1 月,为 442 t (图 9)。

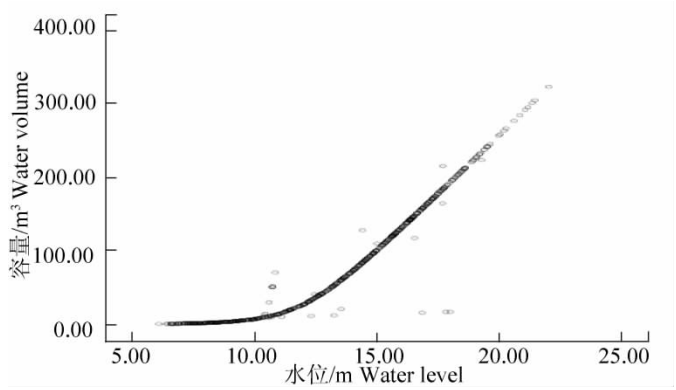


图 3 鄱阳湖多年容量特征

Fig. 3 The characteristic of water volume

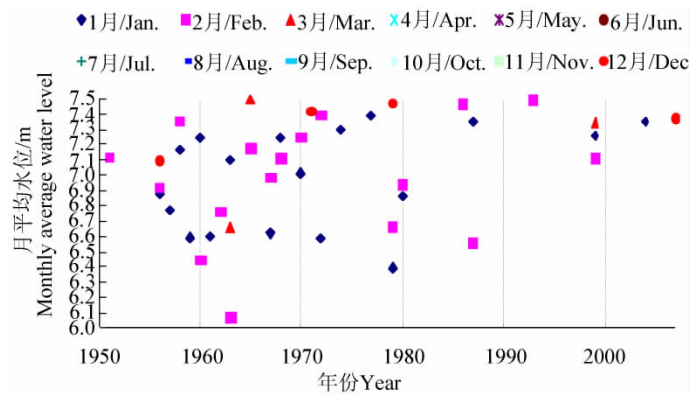


图 4 鄱阳湖水位在 7.5 m 以下的分布情况

Fig. 4 The characteristic of water level below 7.5 m

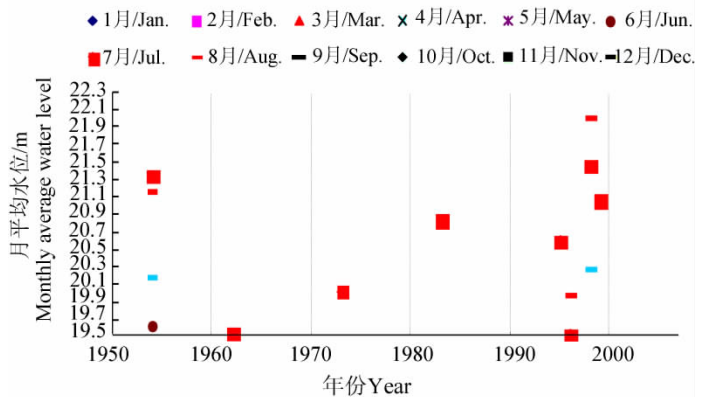


图 5 鄱阳湖水位在 19.5 m 以上的分布情况

Fig. 5 The characteristic of water level above 19.5 m

由于鄱阳湖水体纳污能力的季节性变化,而鄱阳湖年接纳的污染物排放量是比较稳定的,污染物主要来自江西省境内的五大水系和鄱阳湖周边地区,因此鄱阳湖的水质季节性变化也非常明显。在丰水期,鄱阳湖的能力大于鄱阳湖的纳污量,污染物质浓度偏低,鄱阳湖水质可能比较好;而在枯水期,鄱阳湖的纳污能力小于鄱阳湖的纳污量,污染物质浓度偏高,鄱阳湖水质可能比较差。这些特征也使得鄱阳湖的水质呈现周期性的变化。

3 结论与讨论

鄱阳湖连通长江,同时接纳江西省境内赣、抚、信、饶、修五河的水量,是一个通江性、过水性湖泊。鄱阳湖水位在60年代偏低,出现了历史最低水位;90年代水位偏高,出现了历史最高水位;鄱阳湖水位有升高的趋势。通过相关计算表明,鄱阳湖的水体自净时间很短,多年平均自净时间只有19 d,湖泊水量多年平均交换系数为20.33,而我国其他湖泊的水体自净时间要长得多,例如太湖水体自净时间为300 d,交换系数为1.18^[22],太湖的自净时间比鄱阳湖最长的自净时间还要多27 d。

鄱阳湖水位与入江流量的相关系数为0.572,相关性并不显著。湖口是鄱阳湖连通长江的唯一通道,鄱阳湖的水位与鄱阳湖出湖流量的相关性表明两者之间影响因素不是唯一的,高水位并不意味着大的入江流量,影响鄱阳湖入江流量除了鄱阳湖自身因素外,还受到其它因素的干扰。

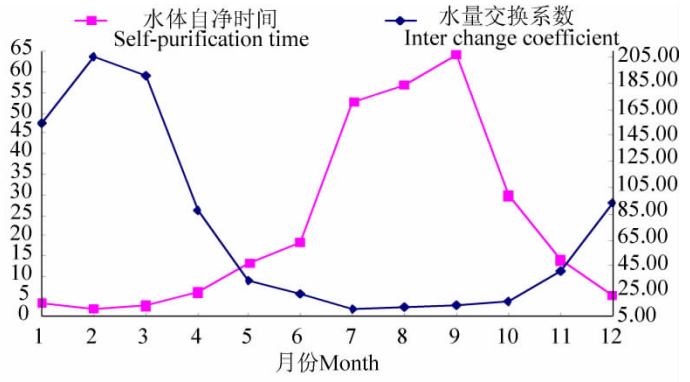


图6 多年月平均水体自净时间和水量交换系数
Fig.6 The time of discharge and coefficient of exchange with monthly average

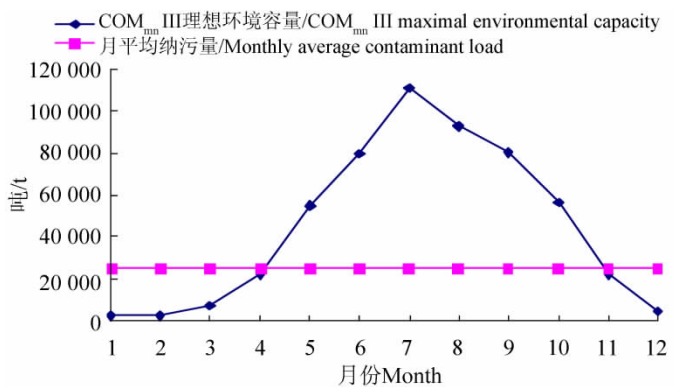


图7 鄱阳湖 COD_{Mn}的月平均纳污能力及纳污量
Fig.7 The capacity and quantity of COD_{Mn}

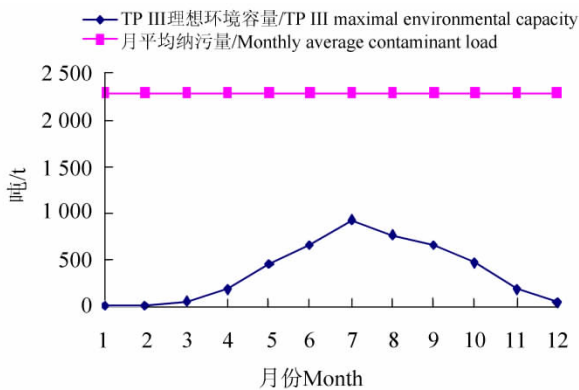


图8 鄱阳湖 TN 的月平均纳污能力及纳污量
Fig.8 The capacity and quantity of TN

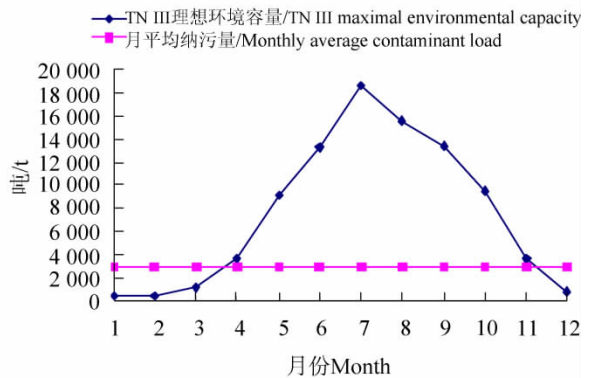


图9 鄱阳湖 TP 的月平均纳污能力及纳污量
Fig.9 The capacity and quantity of TP

鄱阳湖对污染物质的纳污能力也呈现明显的季节性变化,在一年之中,7月份的纳污能力最大,1月份的纳污能力最小。湖泊对 COD_{Mn}、TN 的纳污能力全年只有一定时期内在 III 级标准之上,对 TP 的纳污能力都在 III 级标准之下。鄱阳湖流域进入湖泊的污染物质全年保持比较平稳的水平,随着经济发展和工业化程度越来越高,进入鄱阳湖的污染物质每年都有上升的趋势。因此鄱阳湖污染物质超标的现象是普遍存在的,而且压力会越来越大。

鄱阳湖迄今未出现大面积的富营养化现象也与湖泊容量的季节性变化特征有关,湖泊水体自净时间短,水量交换系数大,减轻了湖泊富营养化的压力。在丰水期,鄱阳湖污染物的浓度相对较低,虽然是富营养化生物易爆发期,但降低了富营养化产生的风险;在枯水期,鄱阳湖污染物的浓度相对较高,但处于富营养化生物的潜伏期,因而不会出现富营养化的现象。

以上研究表明,在研究鄱阳湖的有关问题时,应该充分考虑两个条件。一是需要考虑鄱阳湖是一个过水性湖泊,水体自净时间很短,水文特征变化很快,不同一般意义上的湖泊;二是需要考虑鄱阳湖的水文特征季节性变化非常明显,鄱阳湖容量在一年中的最大月份与最小月份相差在2个数量级,因此在考虑鄱阳湖的生态环境问题时,不能简单地近似处理,如采用年平均值进行计算。

参考文献:

- [1] 马逸麟, 马逸琪. 鄱阳湖湿地保护与利用 [J]. 国土与自然资源研究, 2003(4): 66-67.
- [2] Chen Jingheng, Lin Dong, Deng Baoshan. A study on heavy metal partitioning in sediments from Poyang Lake in China [J]. Hydrobiologia, 1989, (176/177): 159-170.
- [3] Quan Ruichang, Wen Xianji, Yang Xiaojun. Effects of human activities on migratory waterbirds at Lashihai Lake [J]. China Biological Conservation, 2002, 108: 273-279.
- [4] 吴宏艳. 鄱阳湖湖口地区 4500 年来环境变迁 [J]. 湖泊科学, 1999, 11(1): 40-44.
- [5] 张本. 鄱阳湖一些水文特征及政治战略 [J]. 长江流域资源与环境, 1993, 2(1): 36-42.
- [6] 吕兰军. 鄱阳湖水质现状及变化趋势 [J]. 湖泊科学, 1994, 6(1): 86-93.
- [7] 杨健, 肖文, 匡新安, 等. 洞庭湖、鄱阳湖白暨豚和长江江豚的生态学研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(4): 444-450.
- [8] 谢冬明, 邓红兵, 王丹寅, 等. 鄱阳湖湿地生态功能重要性分区 [J]. 湖泊科学, 2011, 23(1): 136-142.
- [9] 鄢帮有, 谭晦如, 邢久生. 鄱阳湖水环境承载力分析 [J]. 江西农业大学学报, 2004, 26(6): 931-935.
- [10] 崔丽娟. 鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究 [J]. 生态学杂志, 2004, 23(4): 47-51.
- [11] 刘信中, 叶居新. 江西湿地 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 8-10.
- [12] 熊道光. 鄱阳湖湖流特性分析与研究 [J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(3): 200-207.
- [13] 谢冬明, 严岩, 邓红兵, 等. 江西省“五河”流域水文特征初步研究 [J]. 江西农业大学学报, 2009, 31(2): 364-369.
- [14] 江西省环境保护局. 江西省环境状况公报(2000-2007) [EB/OL]. (2001-2008) [2011-01-31]. <http://www.jx-epb.gov.cn/HJZK/HJZK.HTM>, 2011-01-31.
- [15] 张本. 鄱阳湖自然资源及其特征 [J]. 自然资源学报, 1989, 4(4): 308-318.
- [16] 李树明, 蒋建平, 方波. 鄱阳湖面积容积量算及误差分析 [J]. 人民长江, 2002, 33(9): 8-9.
- [17] 徐德龙, 熊明, 张晶. 鄱阳湖水文特性分析 [J]. 人民长江, 2001, 32(2): 21-23.
- [18] 杨诗君, 李广源. 洞庭湖水环境质量评价及水环境容量分析 [J]. 水文, 2006, 26(5): 83-86.
- [19] 周孝德, 郭瑾珑, 程文, 等. 水环境容量计算方法研究 [J]. 西安理工大学学报, 1999, 15(3): 1-6.
- [20] 杨文龙, 杨常亮. 滇池水环境容量模型研究及容量计算结果 [J]. 云南环境科学, 2002, 21(3): 20-23.
- [21] 中国环境保护部网站. 地表水环境质量标准(GB 3838-2002) [EB/OL]. (2002-06-01) [2011-01-31]. http://kjs.mep.gov.cn/hjbhzb/bzwb/shjbh/shjzlbz/200206/t20020601_66497.htm, 2011-01-31.
- [22] 秦伯强, 罗激葱. 太湖生态环境演化及其原因分析 [J]. 第四纪研究, 2004, 24(5): 561-568.