

# 鄱阳湖综合水环境特征研究

邓燕青<sup>1</sup>, 张志章<sup>2</sup>, 赵义君<sup>2</sup>, 余银波<sup>2</sup>, 陶华芬<sup>2</sup>

(1. 江西省水文局, 江西 南昌 330002; 2. 河海大学环境学院, 江苏 南京 210098)

**摘要:**以鄱阳湖1998~2012年水质资料及2008~2012年五河七口水文数据,对鄱阳湖污染负荷的特点进行对比分析,结果表明:(1)平水年COD、氨氮、TP入湖量分别为278 563.7 t、47 218.06 t、10 931.3 t,丰水年COD、氨氮、TP入湖量分别为513 296.5 t、80 452.18 t、14 095.05 t,枯水年COD、氨氮、TP入湖量分别为219 094.8 t、46 051.37 t、6 448.57 t;(2)污染物通过五河七口进入鄱阳湖的量占进入鄱阳湖总污染物的绝大部分;(3)干湿沉降量较五河入湖所占的比例要小得多,但大于长江倒灌入湖污染物的量;(4)不同污染物之间相比也呈现不同的规律,COD经五河入湖的比例最高的是丰水年,经长江倒灌比例最高的是枯水年;氨氮经五河入湖比例为96%,经干湿沉降的约在4%左右;TP枯水年经长江倒灌的比例为3%,其余水文典型年均只占1%。

**关键词:**鄱阳湖;长江倒灌;干湿沉降;上游五河;COD;氨氮;TP

**中图分类号:**X143

**文献标识码:**A

**文章编号:**1004-4701(2016)02-0108-07

## 0 引言

鄱阳湖是中国长江中游典型的通江湖泊,是中国第一大淡水湖,也是国际重要湿地,在维系区域水量平衡与生态安全方面发挥着重要作用,有防洪、调节气候、涵养水源、净化水质和维持生物多样性等功能<sup>[1-2]</sup>。目前鄱阳湖的水环境研究已有研究成果主要集中在水质变化特征以及鄱阳湖流域水文特征的研究与分析,如闵騫,占腊生利用鄱阳湖区1952~2011年水文监测资料,分析了鄱阳湖近60年来枯水特征及其变化规律<sup>[3]</sup>;郭华,张奇等人研究分析了1960~2008年鄱阳湖流域的气候和水文变化特征,用水量和能量平衡关系解释了这些特征,揭示了鄱阳湖流域水文变化特征的成因及干旱和洪涝发生的规律<sup>[4]</sup>;刘倩纯,余潮等人于2010年10月与2011年5月采集了鄱阳湖主湖区、五河入湖口以及碟形湖的表层水样,对水质理化参数进行了测定分析,分析结果表明鄱阳湖水水质理化参数存在显著的时空差异<sup>[5]</sup>。虽然这些研究成果极大的推动了鄱阳湖水环境研究的进展,但是关于鄱阳湖水水质驱动的研究很少,由于鄱阳湖受下游长江及上游五河水文情势的影响较大,为进一步量化湖体水质所受到的影响,利用江西水

文局及鄱阳湖水文局的相关监测数据,计算得到鄱阳湖不同水文典型年各类型污染物通过不同途径进入鄱阳湖所占的比例。

研究思路主要为:鄱阳湖的污染物按来源可分为纵向源和横向源两方面,其中横向源包括上游五河入湖,长江倒灌入湖<sup>[6-7]</sup>。纵向源包括干湿沉降和底泥释放,由于本次计算缺少关于底泥释放的相关实验数据和研究数据,且鄱阳湖的换水周期较短,底泥释放量相较于其它3个来源较小。因此本文只考虑了前3个污染源的影响<sup>[8-9]</sup>。根据收集的水质监测数据及水文资料,选取COD、氨氮、TP这3项污染物分别计算它们经不同途径的入湖量。考虑到丰水年、平水年、枯水年的水文情势有很大的不同,故对不同水文典型年3项污染物的入湖量依次计算分析。得出的结果具有一定的参考价值,可作为研究鄱阳湖的基础资料,得到的结论可为江西省有效治理鄱阳湖的水质问题,控制鄱阳湖的水环境质量提供一定的依据。

## 1 研究区域

鄱阳湖位于东经115°50'~116°44',北纬28°25'~29°45',在江西省北部长江中下游南岸。鄱阳湖流域涉

及南昌、新建、进贤、余干、鄱阳、都昌、湖口、九江、星子、德安、共青城和永修等市县,上游承接赣江、抚河、信河、饶河、修河5条主要河流来水,经湖区调蓄后由湖口注入长江,是一个季节性较强的吞吐型湖泊<sup>[10]</sup>。鄱阳湖可分为南、北两部分,北面为入江水道,长40.00 km,宽3.00~5.00 km,最窄处约2.80 km;南面为主湖体,长133.00 km,最宽处达74.00 km。鄱阳湖水面面积与库容随季节变幅较大。根据近50年观测资料,鄱阳湖多年最高最低水位差达15.79 m;最大年变幅为14.04 m,最小年变幅也达9.59 m<sup>[11]</sup>。湖口站历年最高水位22.59 m(1998年7月31日,吴淞基面)时,湖区水面面积4 500 km<sup>2</sup>,容积340×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。湖口水文站历年最低水位5.90 m(1963年2月6日)时,面积仅为146 km<sup>2</sup>,

容积为4.5×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。湖区多年平均水位13.30 m,对应水面面积与库容分别为2 291.9 km<sup>2</sup>与21×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。鄱阳湖区多年平均年降水量1 632 mm,降水时空分布不均,具有明显的季节性和地域性;降水量主要集中在3~8月,约占全年总量的74.4%。鄱阳湖的入湖水量由五大水系和湖区区间径流组成,五大水系多年平均入湖水量1 250×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup><sup>[12]</sup>,占入湖总水量的87.1%;五大水系入湖水量中,赣江、抚河、信江、饶河、修河分别占47.1%、10.8%、12.4%、8.2%、8.6%。入湖水量最大为赣江水系,最小为饶河水系。鄱阳湖入长江水量年内变化与上游五河入湖水量年内变化趋势一致,但由于湖盆的调蓄影响,各月占年总量的比重不同,入江水量集中在4~7月,占年总量的53.7%。

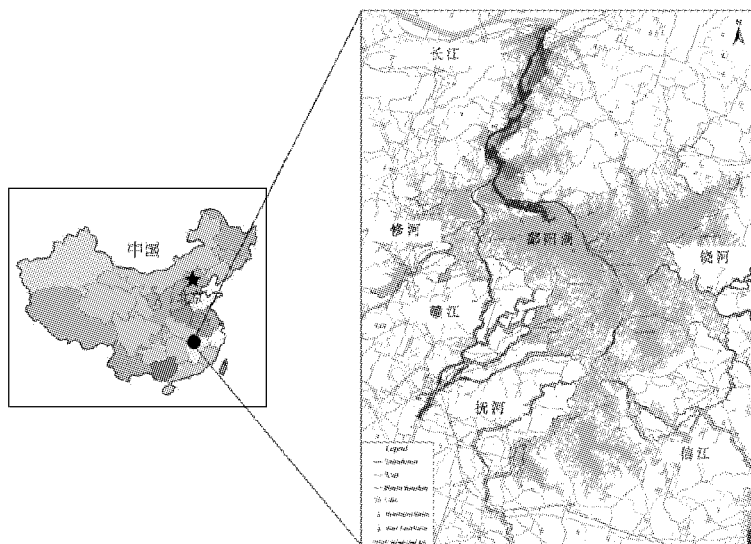


图1 研究区范围图

## 2 研究方法与材料

根据鄱阳湖近几十年来的年径流量数据分析,将2008年确定为平水年,2010年为丰水年,2011年为枯水年。

横向入湖污染物通量主要包括上游五河的污染物入湖量以及长江倒灌时携带的污染物入湖量,根据江西省水文局水文站点提供的资料,可以得到五河入湖全年的流量变化过程及长江倒灌的时长与流量;又根据鄱阳湖水质监测数据,可知鄱阳湖五河入湖口及长江倒灌口的污染物浓度的全年变化值,将这些值代入下列公式可计算出五河入湖及长江倒灌的污染物的量。鄱阳湖水

文站点分布情况见图2。

河道污染物入湖量的计算公式如下:

$$W_h = Q_h \times T_h \times C_h \times 10^{-6}$$

其中: $W_h$ 为单条河道污染物入湖总量,t; $Q_h$ 为河流流量,m<sup>3</sup>/h; $T_h$ 为时间,h; $C_h$ 为污染物浓度,mg/L。上游五河各污染物的总量之和即为鄱阳湖污染物河道入湖总量。

长江倒灌入湖量的计算公式如下:

$$W_d = Q_d \times T_d \times C_d \times 10^{-6}$$

其中: $W_d$ 为长江倒灌入湖污染物总量,t; $Q_d$ 为湖口倒灌入湖流量,m<sup>3</sup>/h; $T_d$ 为倒灌时长,h; $C_d$ 为倒灌污染物浓度,mg/L。

纵向入湖主要为大气干湿沉降,大气干湿沉降是指

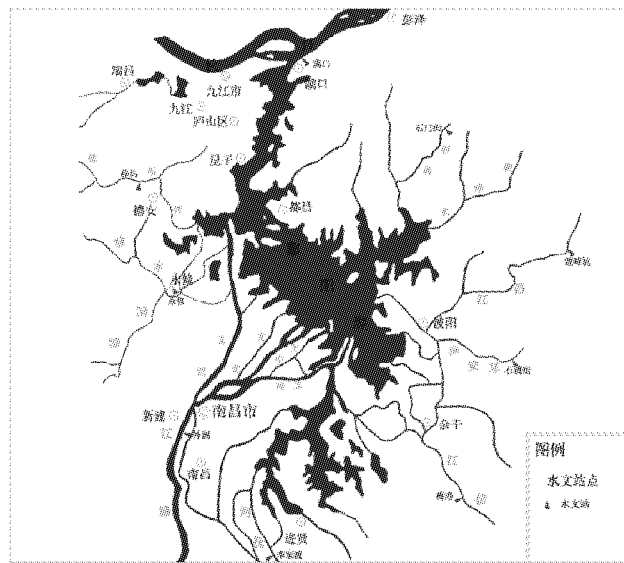


图2 鄱阳湖水文站点分布图

氮(N)、磷(P)、硫(S)等多种物质经大气传输途径进入水体,是水生态系统生物地球化学物质循环研究的重要组成部分。随着工业和农业的快速发展,全球环境污染急剧扩大。与其他污染源相比,大气干湿沉降中的 N、P

污染不容忽视。在河流、小型湖库,干湿沉降对污染负荷贡献不显著,但对一些大型浅水湖泊,干湿沉降也是重要源强。鄱阳湖大气干湿沉降率是根据鄱阳湖降尘监测站监测数据计算得到的。结合鄱阳湖近年来降雨统计资料,将湖面面积取为 2 692 m<sup>2</sup>,对 2008 年、2010 年、2011 年全年逐月干湿沉降通量进行了计算。

3 鄱阳湖综合水环境特征分析

3.1 横向入湖污染负荷分析

3.1.1 五河入湖污染负荷分析

由表 1 可知 2008 平水年五河入湖 COD、氨氮、TP 约为 31 233.5 t、5 649.1 t、1 366.887 t;2010 丰水年五河入湖 COD、氨氮、TP 约为 58 895.5 t、9 655.95 t、1 719.094 t;2011 枯水年五河入湖 COD、氨氮、TP 约为 23 960.8 t、5 520.91 t、763.652 t。丰水年鄱阳湖入湖污染物最多,相比于平水年和枯水年,丰水年 COD 入湖量分别多出 46.9%、59.3%,氨氮入湖量分别多出 41.5%、42.8%,TP 入湖量分别多出 20.5%、55.6%。

由图 3 可知平水年 COD 入湖量最多的是赣江外洲,

表 1 鄱阳湖五河入湖污染物量计算结果

t/a

点 位				污 染 物 种 类				点 位				污 染 物 种 类			
No.1 赣江外洲				COD	氨氮	TP		No.5 永修				COD	氨氮	TP	
2008 平水年				132 514.3	19 274.8	5 601.7		2008 平水年				12 791	1 172.5	293.1	
2010 丰水年				213 971.8	24 188.1	5 395.8		2010 丰水年				19 615.4	1 863.5	431.5	
2011 枯水年				96 973.2	10 085.2	1 823.1		2011 枯水年				9 646.9	1 117.0	218.3	
No.2 信江梅港								No.6 西河石门街							
2008 平水年				45 459.1	3 666.1	2 624.9		2008 平水年				1 443.1	144.3	55.5	
2010 丰水年				94 731.0	11 001.0	2 811.4		2010 丰水年				3 237.5	256.8	39.1	
2011 枯水年				36 291.6	4 406.8	1 309.1		2011 枯水年				1 303.7	135.4	18.1	
No.3 昌江渡峰杭								No.7 博阳河梓坊							
2008 平水年				10 240.4	1 789.9	216.5		2008 平水年				901.4	49.43	12.2	
2010 丰水年				16 891.3	2 914.9	612.9		2010 丰水年				2 293.3	203.9	37.6	
2011 枯水年				9 460.8	1 021.8	310.3		2011 枯水年				791.2	74.2	16.1	
No.4 乐安河石镇街								No.8 抚河李家渡							
2008 平水年				27 370.1	16 919.7	1 360.2		2008 平水年				19 148.7	2 176.0	530.9	
2010 丰水年				48 477.1	28 143.7	3 070.2		2010 丰水年				71 946.2	8 675.9	1 354.3	
2011 枯水年				24 062.0	25 024.5	2 179.3		2011 枯水年				13 156.8	2 302.4	234.9	

占总入湖量的 53%,其次为信江梅港,占总入湖量的 18%,其余 6 个入湖口占 29%;氨氮入湖量最多的是赣江外洲,占总入湖量的 43%,其次为乐安河,占总入湖量的 37%,其余 6 个入湖口占 20%;TP 入湖量最多的是赣江外洲,占总入湖量的 52%,其次为信江梅港,占总入湖量的 25%,其余 6 个入湖口占 33%。

丰水年 COD 入湖量最多的是赣江外洲,占总入湖量的 45%,其次为信江梅港和抚河梅家渡分别占 20% 和 15%,其余入湖口占 20%;氨氮入湖量最多的是乐安河石镇街,占总入湖量的 37%,其次为赣江外洲占 31%,其余入湖口占 32%;TP 入湖量最多的是赣江外洲,占总入湖量的 39%,其次为信江梅港和乐安石镇街。

枯水年 COD 入湖量最多的是赣江外洲, 占总入湖量 51%, 氨氮、TP 入湖量最多的是乐安河石镇街, 分别约占 57%、36%。

赣江外洲与乐安石镇街以及抚河梅家渡占污染物入湖总量的比重较大。这是因为赣江外洲的流量较大,

虽然污染物浓度较低, 但污染物总量依旧占的比重最大。乐安河石镇街的流量虽较小, 但污染物浓度较高, 尤其是氨氮及总磷的值较高, 是其他河流的数倍。因此污染物入湖总量也占了较高的比重。

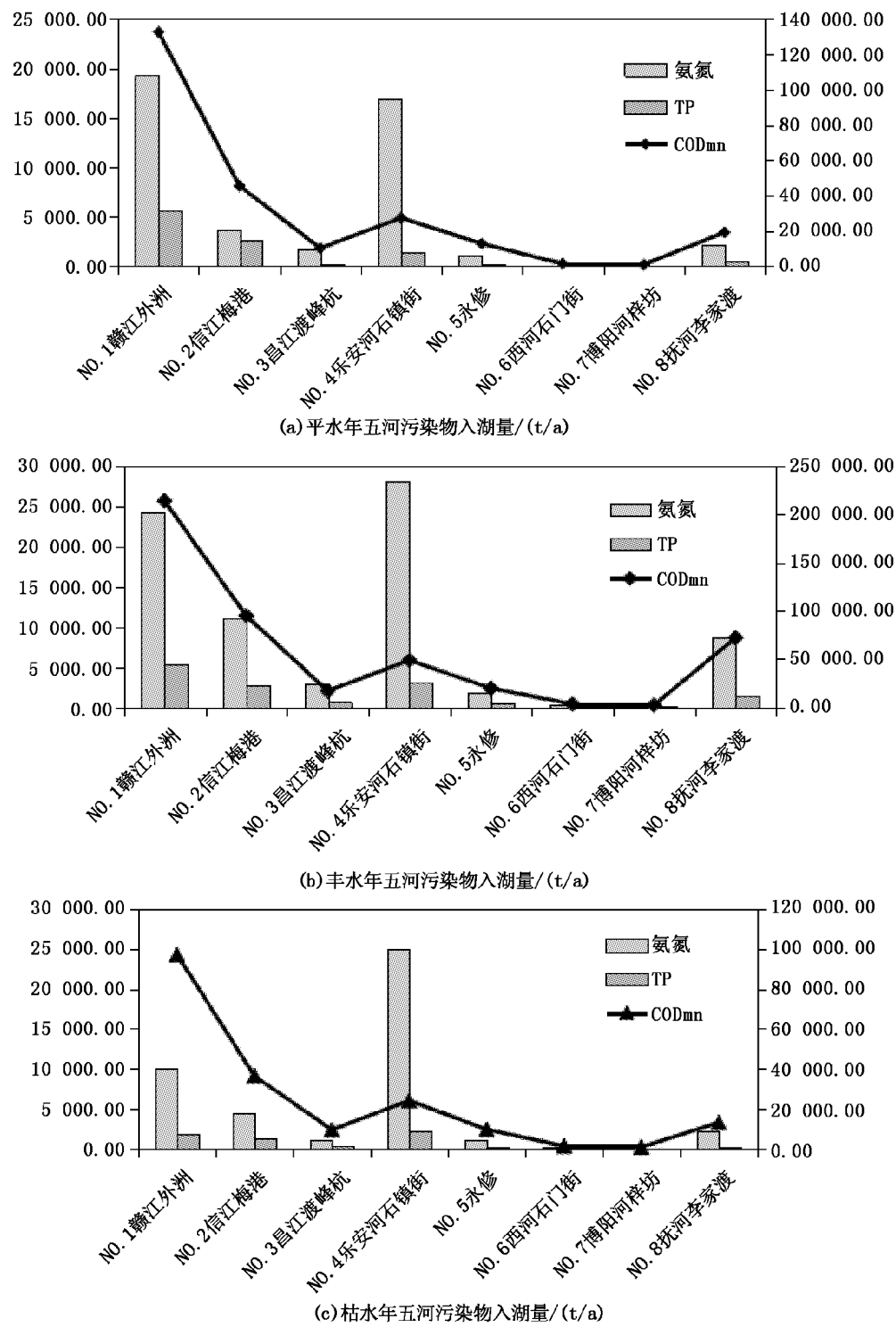


图 3 五河各污染物平水年、丰水年、枯水年入湖量

3.1.2 长江倒灌量

长江倒灌污染物计算结果见表 2、图 4。如表所示长江倒灌污染物的量平水年 < 丰水年 < 枯水年,这可能与枯水年鄱阳湖水位较低,长江倒灌量增加有关。丰水年长江水位有所上升,倒灌量与平水年相比有增无减,污染物量也呈现丰水年大于枯水年的特点。与五河入湖相比,长江倒灌量只占较小的一部分。

表 2 不同水文典型年污染物长江倒灌量 t/a

长江倒灌	COD	氨氮	TP
2008 平水年	7 122.00	184.80	98.00
2010 丰水年	7 337.00	236.06	118.30
2011 枯水年	9 315.00	340.20	222.70

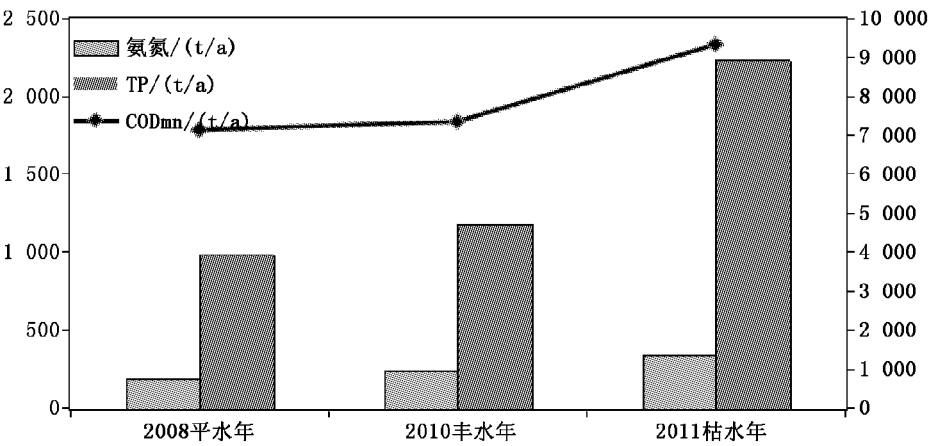


图 4 各污染物不同水文典型年长江倒灌量

3.2 纵向入湖污染负荷分析

3.2.1 干湿沉降量分析

对 2008 年、2010 年、2011 年全年逐月干湿沉降通量进行了计算,结果见表 3 和图 5。由表 3 可知干湿沉降的污染物丰水年 > 平水年 > 枯水年,原因在于降雨量丰水年 > 平水年 > 枯水年。由图 5 可知,COD、氨氮和总磷在不同水文典型年呈现相同的规律,同一种污染物在同一水文典型年不同月依旧呈现丰水年 > 平水年 > 枯水年的规律。5~8 月由于降雨量增加,污染物的干

湿沉降量也随之增加,随后降雨量逐渐减少,污染物的干湿沉降量也逐渐降低。

表 3 鄱阳湖不同水文典型年干湿沉降量 t/a

干湿沉降	COD	氨氮	总磷
2008 年平水年	21 573.6	1 840.5	138.2
2010 年丰水年	34 795.9	2 968.5	224.0
2011 年枯水年	18 093.6	1 543.9	116.6

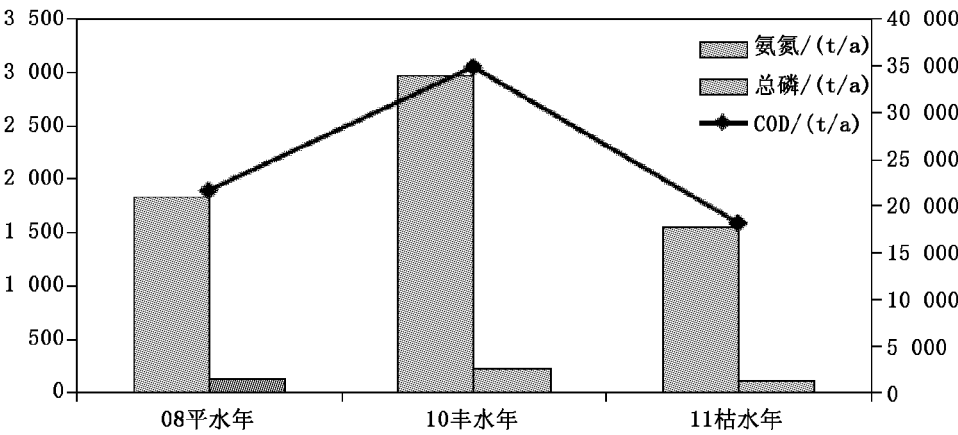


图 5 鄱阳湖不同水文典型年污染物干湿沉降量

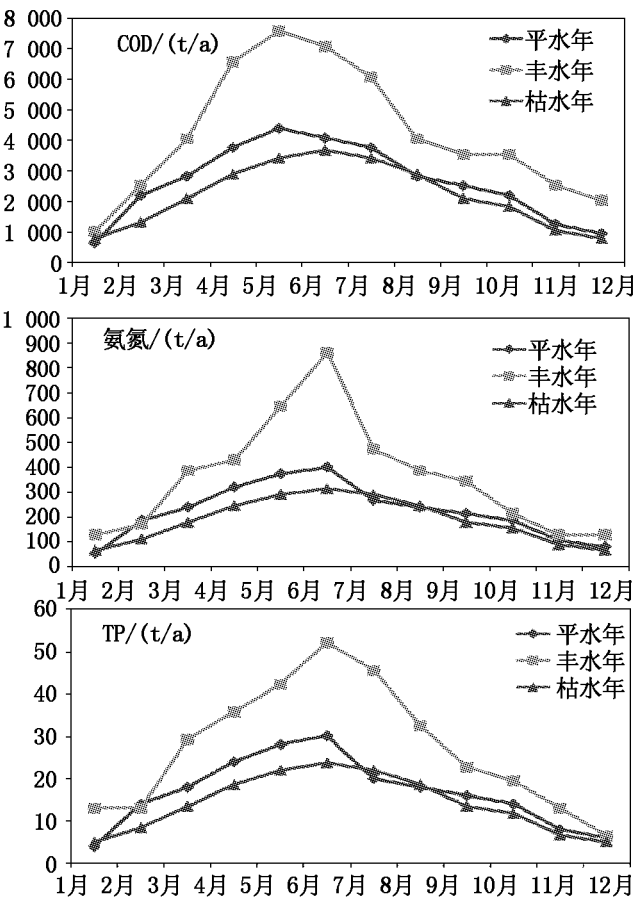


图 6 不同水文典型年各污染物干湿沉降量

4 结 语

不同水文典型年污染物经不同途径进入鄱阳湖所占的比例见图 7,由图 7 可得出以下结论:

(1)平水年 COD 入湖总量为 278 563.70 t,氨氮 47 218.06 t,TP 为 1 0931.30 t。丰水年 COD 入湖总量为 513 296.50 t,氨氮为 80 452.18 t,TP 为 14 095.05 t。枯水年 COD 入湖总量为 219 094.80 t,氨氮为 46 051.37 t,TP 为 6 448.57 t。鄱阳湖污染物入湖量总体上呈现丰水年最大,枯水年最小的规律。污染物入湖量的大小与水文情势有关。丰水年鄱阳湖上游五河水量大,湖面降雨多,长江倒灌量少。因此丰水年鄱阳湖污染物经上游五河与干湿沉降的量大于平水年和枯水年的量,及丰水年>平水年>枯水年;丰水年鄱阳湖污染物经长江倒灌的量小于平水年和枯水年的量,及枯水年>平水年>丰水年。

(2)COD 经上游五河入湖的量占总量的 88%~92%之间,其中丰水年五河入湖污染物更占优势,达到了 92%的比例,枯水年五河入湖污染物占总污染物的

比例较平水年和丰水年有所降低,分别为 90%和 88%,由于水量的降低,不同水文典型年之间的 COD 差值为 2%。COD 干湿沉降量较五河入湖所占的比例要小的多,约为 7%~8%,由于鄱阳湖的水面面积大,因此通过干湿沉降进入鄱阳湖的污染物也不容忽视。COD 长江倒灌与上述两类途径相比,所占的比例较低,约为 1%~4%之间。

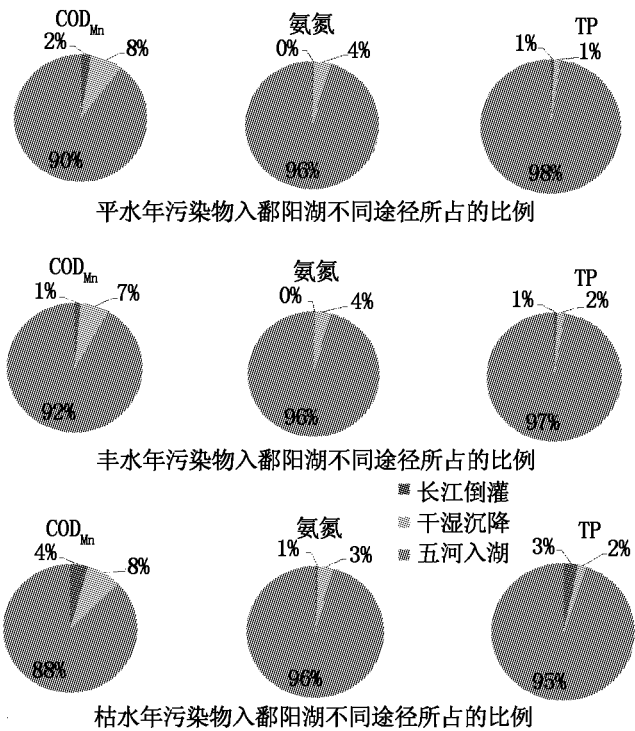


图 7 不同水文典型年污染物入鄱阳湖不同途径所占的比例分布图

(3)氨氮经上游五河入湖的量在不同的水文典型年都为 96%,几乎占了入湖总量的全部;氨氮经干湿沉降入湖量在 3%~4%左右;长江倒灌入湖的量很少,除枯水年倒灌量占总入湖量的 1%外,其余水文典型年均低于 1%。

(4)TP 经上游五河入湖平水年占 98%,丰水年占 97%,枯水年占 95%,经长江倒灌的量占 1%~3%,经干湿沉降的量占 1%~2%,与干湿沉降量大于长江倒灌量不同的是,枯水年 TP 经长江倒灌的比例大于干湿沉降所占的比例。

由上述可知,五河入湖为鄱阳湖污染物的主要来源,控制五河的污染物的排放为控制鄱阳湖污染物超标的重要目标。但是干湿沉降亦不容忽视,应当从各个方面统筹考虑,采取综合保护措施,方能还鄱阳湖一方

清水。

### 参考文献:

- [1] 杨桂山,马荣华,张路,等. 中国湖泊现状及面临的重大问题与保护策略[J]. 湖泊科学,2010,22(6):799~810.
- [2] 赵其国,黄国勤,钱海燕. 鄱阳湖生态环境与可持续发展[J]. 土壤学报,2007,44(2):318~326.
- [3] 闵寿,占腊生. 1952~2011年鄱阳湖枯水变化分析[J]. 湖泊科学,2012,(05):675~678.
- [4] 郭华,张奇,等. 鄱阳湖流域水文变化特征成因及旱涝规律[J]. 地理学报,2012,67(5):699~709.
- [5] 刘倩纯,余潮,等. 鄱阳湖水体水质变化特征分析[J]. 农业环境科学学报,2013,32(6):1232~1237.
- [6] 郭华,张奇. 近50年来长江与鄱阳湖水文相互作用的变化[J]. 地理学报,2011,66(5):609~618.

- [7] 席海燕,王圣瑞,郑丙辉,等. 流域人类活动对鄱阳湖生态安全演变的驱动[J]. 环境科学研究,2014,27(4):398~405.
- [8] 叶许春,张奇,刘健,等. 气候变化和人类活动对鄱阳湖流域径流变化的影响研究[J]. 冰川冻土,2009,31(5):835~842.
- [9] 李昌彦,王慧敏,佟金萍,等. 气候变化下水资源适应性系统脆弱性评价—以鄱阳湖流域为例[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(2):172~181.
- [10] 戴雪,万荣荣,杨桂山,等. 鄱阳湖水文节律变化及其与江湖水量交换的关系[J]. 地理科学,2014,34(12):1488~1496.
- [11] 金国花,谢冬明,邓红兵,等. 鄱阳湖水文特征及湖泊纳污能力季节性变化分析[J]. 江西农业大学学报,2011,33(2):388~393.
- [12] 刘成,张翔,肖洋,等. 鄱阳湖五河流域入湖年径流变化特征分析[J]. 水电能源科学,2015,33(5):1~18.

编辑:张绍付

## Researches on the water environments of Poyang Lake

DENG Yanqing<sup>1</sup>, ZHANG Zhizhang<sup>2</sup>, ZHAO Yijun<sup>2</sup>, YU Yinbo<sup>2</sup>, TAO Huafen<sup>2</sup>

(1. Jiangxi Provincial Hydrology Bureau, Nanchang 330000, China;

2. Environment School of HOHAI University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** This study analyzed the characters of water pollution load in Poyang Lake, attributing to the water quality database during 1998–2012 and hydrological database during 2008–2012. Results showed that, firstly, the amount of COD,  $\text{NH}_3-\text{N}$ , TP transported into Poyang Lake was respectively of 278 563.7 t, 47 218.06 t, 10 931.3 t in the normal year, 513 296.5 t, 80 452.18 t, 14 095.05 t in high flow years, and 219 094.8 t, 46 051.37 t, 6 448.57 t in low flow years. Secondly, the pollutants transported from the five–river and seven estuaries into Poyang Lake accounted for most of the total pollutants in Poyang Lake. Thirdly, the pollutants transported from wet–dry deposition were lower than that from the five river, but higher than that from Yangtze river into the lake. Lastly, there were significantly differences on the patterns among the three pollutants. For example, COD from the five river was highest in high flow years and from the Yangtze river was highest in low flow years. 96 percent of  $\text{NH}_3-\text{N}$  was transported from the five river into Poyang Lake and the other 4 percent of  $\text{NH}_3-\text{N}$  was transported from wet–dry deposition into Poyang Lake. 3 percent of TP was transported from the Yangtze river into Poyang Lake during in low flow years.

**Key words:** Poyang Lake; Yangtze river; Wet–dry deposition; The five–river; COD;  $\text{NH}_3-\text{N}$ ; TP

翻译:符 辉