

DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2016.05.002

吕学研, 张咏, 徐亮, 等. 典型入太湖河流夏-秋季氮素污染变化特征[J]. 水利水运工程学报, 2016(5): 9-15. (LYU Xue-yan, ZHANG Yong, XU Liang, et al. Nitrogen pollutants variation of typical rivers entering into Taihu Lake in summer-autumn period [J]. Hydro-Science and Engineering, 2016(5): 9-15.)

典型入太湖河流夏-秋季氮素污染变化特征

吕学研^{1,2,3}, 张 咏², 徐 亮², 刘 雷², 钟 声², 郭 蓉²

(1. 南京大学 环境学院 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 江苏 南京 210020; 2. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036; 3. 河海大学 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要: 河流输入是太湖氮素污染物的主要来源之一。为了揭示河流在入湖过程中氮素的变化特征以及潜在的原因,以江苏省境内典型入湖河流氮素污染物监测数据为基础,分析了入湖河流氮素组成的变化特征。结果表明,虽然氮素组成在入湖过程中存在不同的变化特征,但是总氮(TN)在入湖过程中均呈升高趋势。分析结果还表明,硝酸盐氮(NO_3^- -N)是漕桥河与太滬南运河 TN 的主要组成,而大浦港 TN 的主要组成为氨氮(NH_4^+ -N)。同时,造成河流氮素变化的原因也不尽相同,河流交汇对入湖河流氮素组成的影响较大,污水处理厂排水对河流氮素污染物的增加也不容忽视,所以在入湖河流氮素污染治理过程中,不仅需要执行“一河一策”和“连片治理”双管齐下的策略,还要采取措施,提升流域内污水处理厂脱氮能力。

关 键 词: 太湖流域; 入太湖河流; 氮素污染物; 水环境

中图分类号: X524

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2016)05-0009-07

太湖作为我国的第三大淡水湖,其水质改善对周边经济发达城市的意义重大^[1-3]。随着治理工程的逐步推进,太湖的水环境状况已有所改善,但是水体的总氮(TN)浓度仍处于较高水平,尤其是污染严重的西部和北部湖区,TN 浓度基本处于地表劣 V 类水平。

西、北部湖区是太湖主要入湖河流的集中分布区,入湖河流携带污染物量所占的比例也比较大^[4-5]。在太湖水环境治理过程中,“治湖先治河”的理念逐步形成,而入湖河流较高的氮素污染水平成为湖泊氮素削减的制约因素^[6-8]。因此,全面了解入湖河流水质的变化特征和原因,对于制定河流水质治理对策至关重要。

本文选择漕桥河、太滬南运河(殷村港)和大浦港为典型河流,基于实际调查数据,分析典型入湖河流氮素污染物的组成及其变化特征,并进一步分析氮素变化的驱动因素,为制定入湖河流氮素污染物控制对策提供依据。

1 样品采集与分析

江苏境内入湖河流主要集中分布在湖西区,这些河流对太湖氮素全年入湖量的贡献率可达 71.2%^[9],其中被纳入江苏省重点控制的入湖河流有 10 条以上。这些河流中,漕桥河、太滬南运河(殷村港)、大浦港又形成了各自相对独立的小流域。因此,本次研究以漕桥河、太滬南运河和大浦港为入湖河流的代表,沿程

收稿日期: 2015-12-12

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项资助项目(2012ZX07506-003);江苏省环保科研课题(2014039);河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室开放基金资助项目(2014491411)

作者简介: 吕学研(1984—),男,江苏宿迁人,工程师,博士,主要从事水污染控制及环境与生态水力学研究。

E-mail: ailvxy@126.com

布设监测点位,考察氮素污染物的变化特征。

漕桥河的监测点位主要位于徐家荡出口——太滬运河交汇段,自西向东沿流向布设徐家荡出口(C1)、武宜运河交汇下游(C2)、漕桥镇上游(C3)、漕桥镇下游(C4)和太滬运河交汇下游(C5)共5个断面。

自西向东沿流向,在太滬南运河沿程布设王母桥西(T1)、王母桥(T2)、和桥海事局(T3)、和桥(T4)、万石桥(T5)、殷村港桥(T6)、陈桥(T7)和殷村港大桥(T8)共8个监测断面。其中,和桥海事局(T3)为和桥(T4)的对照断面,主要考察武宜运河交汇对太滬南运河水质的影响;殷村港大桥(T8)断面为太滬南运河的入湖口断面。

大浦港的监测点位主要位于西汊出口——大浦港入湖口段,自西向东沿流向布设西汊出口(D1)、团汊(D2)、武宜运河交汇下游(D3)、污水处理厂排水口上游(D4)、污水处理厂排水口下游(D5)、芜申运河交汇下游(D6)、东汊大浦港口(D7)、大浦港入湖口(D8)共8个断面。监测点位具体分布如图1所示。

夏-秋季是太湖蓝藻的高发期^[10],此时太湖蓝藻的生长受氮和磷共同制约,且氮是第一限制因子^[11]。入湖河流对太湖水体氮素的输入成为夏-秋季控制蓝藻水华发生程度的限制因素,为此,于2013年夏-秋季,采集典型河流水质样品,测定样品氮素指标的含氮量,分析入湖河流水体的氮素变化。水质样品采自各测点水面下0.5 m处,共采集3次,以3次测定结果的均值表示各测点夏-秋季氮素水质指标的浓度。样品采集后,密封冷藏带回室内,采用哈希公司的试剂包对样品进行处理,在DR2800便携式分光光度计上测定样品的总氮(TN)、氨氮(NH_4^+-N)、硝酸盐氮(NO_3^--N)和亚硝酸盐氮(NO_2^--N)浓度,其他形态氮(有机氮)以TN扣除 NH_4^+-N , NO_3^--N 和 NO_2^--N 的差值表示。

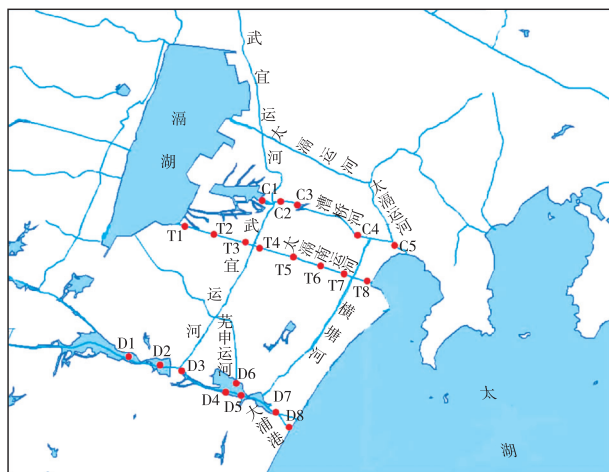


图1 监测点位分布

Fig. 1 Distribution of monitoring sites

2 结果与分析

2.1 漕桥河水体氮素变化特征

夏-秋季漕桥河水体氮素指标监测结果(图2)显示,TN, NH_4^+-N , NO_3^--N , NO_2^--N 和有机氮的变化范围分别为2.54~3.09 mg/L,0.67~0.92 mg/L,1.32~1.51 mg/L,0.245~0.262 mg/L和0.186~0.533 mg/L; NO_2^--N 在漕桥河内浓度较为稳定,沿程变化很小,其他氮素指标沿程均呈升高趋势。

氮素组成的相对变化结果(图3)显示, NH_4^+-N , NO_3^--N , NO_2^--N 和有机氮占TN的比例范围分别为24.1%~29.9%,46.7%~52.8%,7.9%~10.0%和7.3%~19.2%,漕桥河水体氮素组成以 NO_3^--N 为主,其次是 NH_4^+-N ; NH_4^+-N 和 NO_3^--N 所占的比例沿程总体保持稳定, NO_2^--N 的比例沿程略有降低,有机氮比例沿程稍有升高。

漕桥河水体氮素指标沿程变化表明,武宜运河和太滬运河对漕桥河TN, NH_4^+-N 浓度的影响较大。与武宜运河交汇后,TN和 NH_4^+-N 浓度分别由C1断面的2.54和0.76 mg/L升至C2断面的2.78和0.86 mg/L;与太滬运河交汇后,TN和 NH_4^+-N 浓度由C5断面的2.71和0.71 mg/L升高至C6断面的3.09和0.92 mg/L。这与张利民等^[4]的研究结论一致。

张利民等^[4]的研究还认为,漕桥河流域水体的TN和 NH_4^+-N 主要来源于农业面源和生活污染源,但是本文的调查数据表明,调查期间,城镇分布对漕桥河TN和 NO_3^--N 浓度的变化基本未产生影响, NH_4^+-N 浓度增加了近6.6%。这一方面可能是因为本次调查的测点均位于漕桥河干流,而张利民等的研究是从漕桥河

整个小流域开展造成的;另一方面是因为采取治理措施,使得原有的污染来源结构发生了变化,比如赵婷婷等^[12]的研究结果显示,漕桥河小流域的TN主要来自农业种植业和干湿沉降, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 来源于干湿沉降、农业种植业、工业污染和农村生活污染。调查数据还表明,漕桥河 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变化主要发生在与太滬运河交汇后,浓度约升高了11.0%。

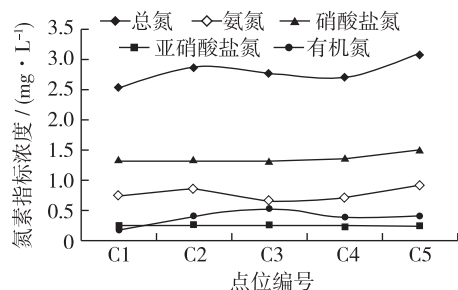


图2 漕桥河水体氮素指标变化

Fig. 2 Variation of nitrogen indicators in Caoqiao River

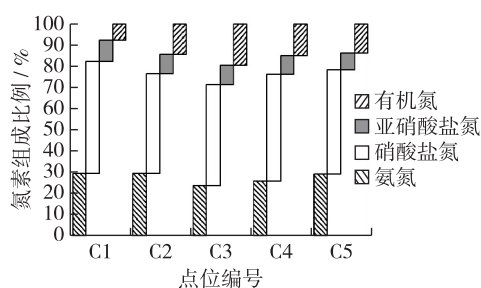


图3 漕桥河水体氮素指标比例变化

Fig. 3 Ratio variation of nitrogen indicators in Caoqiao River

进一步分析不同形态氮占TN比例的沿程变化可以发现,在漕桥河内,武宜运河交汇虽然增加了水体 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和有机氮的浓度,但是并没有增加 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 占TN的比例。这是因为,武宜运河对漕桥河TN的增加,虽然主要是通过增加 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和有机氮浓度实现的,但是有机氮浓度明显低于 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度,对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 所占比例的影响较低。另一方面,由于武宜运河交汇并未造成漕桥河水体的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 浓度明显升高,所以两者占TN的比例有所降低。随后,至漕桥镇上游断面(C3),水体有机氮浓度达到最大值,但是其浓度仍处于较低水平,TN浓度主要受 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度降低的影响而降低,导致有机氮比例在漕桥镇上游断面达到最大值。至漕桥镇下游断面(C4),有机氮浓度持续降低,而TN浓度的变化幅度较小,所以有机氮的比例持续降低,其他各种氮素的比例随其浓度变化发生相应变化。太滬运河交汇,明显增加了水体 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的浓度,造成水体TN浓度也升高,但是由于对 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 和有机氮浓度的影响较小,导致太滬运河交汇后,水体 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的比例明显升高。武宜运河交汇明显增加了漕桥河水体有机氮的浓度(近1.2倍),太滬运河交汇也使漕桥河水体有机氮浓度小幅增加。

2.2 太滬南运河水体氮素变化特征

太滬南运河水体氮素指标监测结果(图4)显示,夏-秋季,太滬南运河水体TN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 和有机氮的变化范围分别为1.12~2.89 mg/L, 0.30~0.75 mg/L, 0.39~1.22 mg/L, 0.087~0.160 mg/L和0.307~0.912 mg/L; $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 浓度在太滬南运河水体同样较为稳定,沿程变化很小,其他氮素指标沿程均呈升高趋势。

氮素组成的相对变化结果(图5)显示, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 和有机氮占总氮的比例范围分别为19.6%~27.8%, 33.3%~47.5%, 5.0%~10.9%和21.4%~42.1%,太滬南运河水体氮素组成以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 为主,其次是有机氮。氮素组成比例沿程变化(图5)还表明, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 所占比例沿程略有升高, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 所占比例沿程升高较为明显,有机氮所占比例沿程呈降低趋势, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 所占比例在上游起始段明显降低,随后在较长河段内保持稳定。

太滬南运河水体氮素指标沿程变化表明,农业活动造成太滬南运河起始段水体的TN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和有机氮表现出不同程度升高,分别由T1断面的1.120, 0.301, 0.390和0.307 mg/L升高至T2断面的1.740, 0.341, 0.580和0.732 mg/L,升幅分别为55.4%, 13.3%, 48.7%和138.4%;武宜运河对太滬南运河水体氮素变化的影响主要表现在除有机氮以外的其他指标, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 浓度分别由T3断面的0.348, 0.700和0.092 mg/L升高至T4断面的0.619, 0.980和0.114 mg/L,从而导致水体TN浓度也

由 1.650 mg/L 升高至 2.230 mg/L; 在随后的 T5—T6 河段, 水质变化主要受沿岸和桥、万石等城镇工业、生活和农业活动的影响, NO_3^- -N, NO_2^- -N 和 TN 表现出不同程度升高, NH_4^+ -N 浓度保持稳定, 水体有机氮浓度降低; T6—T7 段沿岸以农田为主, NH_4^+ -N, NO_3^- -N 和 NO_2^- -N 略有降低, 水体有机氮和 TN 浓度升高较大; 在横塘河的影响下, 太漚南运河入湖段除有机氮浓度下降外, TN, NH_4^+ -N, NO_3^- -N 和 NO_2^- -N 均升高。杨晓英等^[13]调查发现, 丰水期太漚南运河水质变化的影响因素较为复杂。本文调查结果也显示, 对比漚桥河水体氮素变化的影响因素而言, 太漚南运河水体氮素变化的影响因素明显增多。这给污染源控制对策的制定增加了难度。

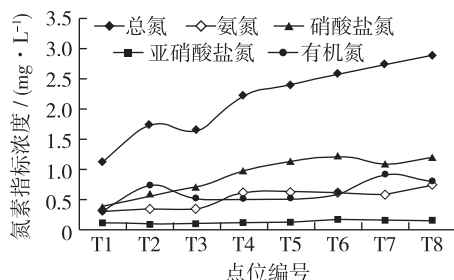


图 4 太漚南运河水体氮素指标变化

Fig. 4 Variation of nitrogen indicators in South Tai-Ge Canal

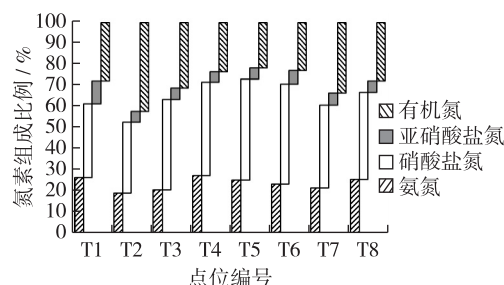


图 5 太漚南运河水体氮素指标比例变化

Fig. 5 Ratio variation of nitrogen indicators in South Tai-Ge Canal

进一步分析水体氮素比例沿程变化发现, 在太漚南运河内, 水体 NH_4^+ -N 比例的升高主要源自武宜运河和横塘河的交汇, 从和桥海事局断面 (T3) 开始, NO_3^- -N 的比例一直升高, 直至殷村港桥断面 (T6)。随后, 由于 NO_3^- -N 浓度降低, 其比例也相应降低, 但是在横塘河的作用下, 太漚南运河入湖段水体的 NO_3^- -N 比例又开始升高。对于水体 NO_2^- -N, 其比例在太漚南运河起始段的比例有所降低, 随后直至入湖段, 其比例一直相对稳定, 变化不大。水体有机氮比例在太漚南运河起始段呈升高特征, 随后降低直至万石桥断面 (T5), 接着由于有机氮浓度升高, 其比例又开始升高, 但是受横塘河影响, 其比例在入湖段又开始降低。

2.3 大浦港水体氮素变化特征

大浦港水体氮素指标监测结果 (图 6) 显示, 夏-秋季, 太漚南运河水体 TN, NH_4^+ -N, NO_3^- -N, NO_2^- -N 和有机氮的变化范围分别为 1.86~4.24, 0.68~1.80, 0.44~1.12, 0.084~0.244 和 0.514~1.106 mg/L; 与漚桥河和太漚南运河不同, NO_2^- -N 浓度在大浦港内沿程升高趋势较为明显, 其他氮素指标沿程也均呈升高趋势。

水体氮素组成的相对变化结果 (图 7) 显示, NH_4^+ -N, NO_3^- -N, NO_2^- -N 和有机氮占 TN 的比例范围分别为 27.1%~42.5%, 22.9%~34.5%, 4.4%~7.5% 和 22.9%~38.4%, 大浦港水体的氮素组成以 NH_4^+ -N 为主, 其次是 NO_3^- -N 和有机氮, 二者所占比例相当。氮素组成比例沿程变化 (图 7) 还表明, 除有机氮所占比例沿程呈下降趋势外, 其他氮素组成所占比例沿程均呈不同程度升高趋势。

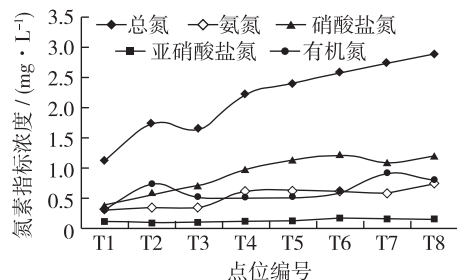


图 6 大浦港水体氮素指标变化

Fig. 6 Variation of nitrogen indicators in Dapugang River

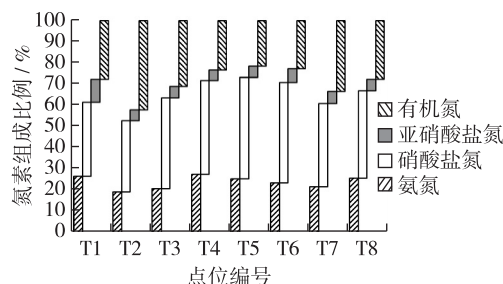


图 7 大浦港水体氮素指标比例变化

Fig. 7 Ratio variation of nitrogen indicators in Dapugang River

大浦港水体氮素指标沿程变化表明,武宜运河交汇对大浦港水体氮素指标的影响均较为显著,交汇后,大浦港的 TN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 和有机氮浓度分别由 D2 断面的 1.920, 0.700, 0.440, 0.084 和 0.696 mg/L 升高至 D3 断面的 3.240, 1.120, 0.880, 0.244 和 0.996 mg/L,增幅分别为 68.8%, 60.0%, 100%, 190%和 43.1%;除 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 外,芜申运河交汇造成大浦港水体其他氮素指标不同程度升高,TN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 和有机氮浓度分别由 D3 断面的数值升高至 D6 断面的 4.240, 1.800, 1.120 和 1.106 mg/L,升幅分别为 30.9%, 60.7%, 27.3%和 11.0%。污水处理厂排水造成大浦港 TN, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 和有机氮不同程度升高,分别由排水口上游 D4 断面的 2.200, 0.760, 0.126 和 0.514 mg/L 升高至排水口下游 D5 断面的 2.730, 0.800, 0.142 和 1.048 mg/L,升高幅度分别为 24.1%, 5.3%, 12.75%和 103.9%。可见,由于上游来水本底浓度升高,污水处理厂排水对河流 TN 的影响程度有所降低,但是显著增加了河流有机氮的浓度;数据还表明,污水处理厂排水对大浦港水体的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 起到了一定的稀释作用,因此, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度在污水处理厂下游略有降低。

2.4 对区域河流水体氮素污染控制的启示

2.4.1 一河一策,实现河流精准治理 典型入湖河流水质监测资料表明,TN 在河流入湖的过程中均呈升高特征,所以为了降低湖体的 TN 浓度,需要采取措施,有效降低入湖河流的 TN 含量。而监测结果还表明,每条河流水体氮素的主要组成不尽相同,漕桥河与太滬南运河 TN 的主要组成为 $\text{NO}_3^-\text{-N}$,大浦港 TN 的主要组成为 $\text{NH}_4^+\text{-N}$,同时,造成河流氮素变化的原因也不尽一致。这就要求,在河流治理过程中,需要针对河流的氮素组成特征,制定精准的治理策略,做到“一河一策”。

2.4.2 统筹考虑,开展河流连片治理 河流水体氮素变化原因分析发现,武宜运河和太滬运河对入湖河流水体氮素组成变化影响较大。太滬南运河年平均径流量 4.5 亿 m^3/a ,其中宜兴本地径流量 1.2 亿 m^3/a ,仅占总径流量的 27%,武宜运河和滬湖是其上游的主要来水。客水通过太滬南运河进入太湖的污染物总量占了较大比例。而武宜运河和太滬运河通过漕桥河入湖的污染物质占漕桥河污染物入湖量的 85%以上^[4]。

2012 年 1 月至 2013 年 12 月自动连续监测数据显示,武宜运河钟溪大桥断面(武宜运河上与漕桥河交汇前水质控制断面)TN 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的均值分别为 5.61 和 1.28 mg/L,太滬运河分水断面(太滬运河上与漕桥河交汇前水质控制断面)TN 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的均值分别为 5.60 和 1.02 mg/L,漕桥河裴家断面(漕桥河上与太滬运河交汇前水质控制断面)TN 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的均值分别为 6.14 和 1.60 mg/L。虽然由于采样频次等造成自动连续数据与本文的现场调查数据存在一定差异,但是武宜运河和太滬运河较高的 TN 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度如果不能得到有效削减,必将制约漕桥河、太滬南运河、大浦港等典型河流水体氮素污染控制的实施效果。说明,在控制入湖河流氮素入湖量的过程中,不仅需要做到“一河一策”,还要统筹考虑,做到区域河流“连片整治”。

2.4.3 工艺升级,实现污水处理厂全面脱氮 大浦港水体氮素变化调查结果表明,污水处理厂排水一定程度上降低了河流的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度。宜兴地区典型污水处理厂排水氮素指标调查数据(表 1)表明,虽然各污水处理厂排水具有自身的特点,但是综合来看,污水处理厂排水的 TN 仍处于较高水平,而 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度整体处于较低水平,甚至低于区域内河流的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度,污水处理厂排水的氮素组成以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 为主。这也是污水处理厂排水对河流 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度具有一定稀释作用,而一定程度上造成河流 TN 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 升高的原因所在。由此说明,为了有效控制河流水体的氮素污染,切实降低河流 TN 指标的浓度,需要对污水处理厂进行工艺升级,实现污水处理厂的全面脱氮。

表 1 宜兴地区污水处理厂排水氮素组成

Tab. 1 Nitrogen components of waste water treatment plants in Yixing city (mg · L⁻¹)

污水处理厂	总氮	氨氮	硝酸盐氮	亚硝酸盐氮	有机氮
1	7.81	0.22	7.30	0.005	0.285
2	11.0	0.20	7.78	2.590	0.430
3	10.2	0.13	9.37	0.005	0.695
4	5.49	0.41	4.93	0.005	0.145
5	4.72	0.08	4.50	0.005	0.135
6	10.5	2.38	7.00	0.005	1.115
7	11.2	0.15	6.99	0.005	4.055
8	19.1	3.81			0.810
均值	10.0	0.92			0.962

3 结 语

入湖河流是太湖氮素的重要来源之一。本文通过湖西区典型入湖河流水质的现场调查数据,分析了水体氮素组成在入湖河流内的变化特征。结果表明,虽然氮素组成在每条河流入湖过程中均表现出不同的变化特征,但是水体 TN 浓度在入湖过程中均表现为升高;每条河流氮素的主要组成也不尽一致,在漕桥河与太滬南运河内, NO_3^- -N 是 TN 的主要组成,而 NH_4^+ -N 是大浦港 TN 的主要组成。

河流氮素变化驱动因子分析表明,造成河流氮素变化的原因不尽相同,在河流氮素污染控制对策制定过程中需要做到因河而异,一河一策;武宜运河、太滬运河等对入湖河流氮素变化的影响较大,只有开展区域河流的连片整治,才能有效削减入湖河流的氮素含量;区域内污水处理厂排水的 TN 浓度仍处于较高水平,且组成以 NO_3^- -N 为主,故需要采取措施,实现污水处理厂工艺升级,全面脱氮,降低污水处理厂排水对河流水质的影响。

参 考 文 献:

- [1] 张振克. 太湖流域湖泊水环境问题、成因与对策[J]. 长江流域资源与环境, 1999, 8(1): 81-87. (ZHANG Zhen-ke. Lake environmental problems, origins and countermeasures in the catchment of Taihu Lake[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 1999, 8(1): 81-87. (in Chinese))
- [2] QIN B Q, ZHU G W, GAO G. A drinking water crisis in Lake Taihu, China: linkage to climatic variability and lake management[J]. Environmental Management, 2010, 45(1): 105-112.
- [3] 刘聚涛, 杨永生, 高俊峰, 等. 太湖蓝藻水华灾害灾情评估方法初探[J]. 湖泊科学, 2011, 23(3): 334-338. (LIU Ju-tao, YANG Yong-sheng, GAO Jun-feng, et al. Comprehensive evaluation method of cyanobacteria bloom hazard in Lake Taihu[J]. Journal of Lake Sciences, 2011, 23(3): 334-338. (in Chinese))
- [4] 张利民, 刘伟京, 尤本胜, 等. 太湖流域漕桥河污染物来源特征[J]. 环境科学研究, 2009, 22(10): 1150-1155. (ZHANG Li-min, LIU Wei-jing, YOU Ben-sheng, et al. Characteristics of pollutant sources of Caoqiao River in Taihu Lake basin[J]. Research of Environmental Science, 2009, 22(10): 1150-1155. (in Chinese))
- [5] 马倩, 刘俊杰, 高明远. 江苏省太湖污染量分析(1998—2007年)[J]. 湖泊科学, 2010, 22(1): 29-34. (MA Qian, LIU Jun-jie, GAO Ming-yuan. Amount of pollutants discharged into Lake Taihu from Jiangsu Province, 1998—2007[J]. Journal of Lake Sciences, 2010, 22(1): 29-34. (in Chinese))
- [6] 余辉, 燕姝雯, 徐军. 太湖出入湖河流水质多元统计分析[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(6): 696-702. (YU Hui, YAN Shu-wen, XU Jun. Multivariate statistical analysis of water quality in the inflow and outflow rivers of Lake Taihu[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(6): 696-702. (in Chinese))
- [7] 卢少勇, 焦伟, 王强, 等. 环太湖河流水质时空分布特征[J]. 环境科学研究, 2011, 24(11): 1220-1225. (LU Shao-yong, JIAO Wei, WANG Qiang, et al. Spatial-temporal distribution characteristics of water quality of rivers around Taihu Lake[J]. Research of Environmental Science, 2011, 24(11): 1220-1225. (in Chinese))
- [8] 牛勇. 太湖入湖河流污染特征及面源污染负荷研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013. (NIU Yong. Study on inflow rivers pollution characteristics, estimation of non-point source pollution in Lake Taihu watershed[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2013. (in Chinese))
- [9] 陈小锋, 揣小明, 曾巾, 等. 太湖氮素出入湖通量与自净能力研究[J]. 环境科学, 2012, 33(7): 2309-2314. (CHEN Xiao-feng, CHUAI Xiao-ming, ZENG Jin, et al. Nitrogen fluxes and its self-purification capacity in Lake Taihu[J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2012, 33(7): 2309-2314. (in Chinese))
- [10] 郁建桥, 吕学研. 太湖遥感可测性蓝藻水华发生条件分析[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(6): 93-98. (YU Jian-qiao, LYU Xue-yan. Analysis of the occurring condition for RS detectable blue-green algae bloom in Lake Taihu[J]. Environmental Science & Technology, 2015, 38(6): 93-98. (in Chinese))
- [11] XU Hai, PAERL H W, QIN Bo-qiang, et al. Nitrogen and phosphorus inputs control phytoplankton growth in eutrophic Lake Taihu, China[J]. Limnology and Oceanography, 2010, 55(1): 420-432.
- [12] 赵婷婷, 李秋艳, 陆丽巧, 等. 漕桥河小流域平原河网地区水环境污染分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增2): 170-

175. (ZHAO Ting-ting, LI Qiu-yan, LU Li-qiao, et al. Analysis of water environmental pollution in plain river network region in small watershed of Caoqiao River[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(Suppl2): 170-175. (in Chinese))
- [13] 杨晓英, 罗兴章, 郑正, 等. 平水期和丰水期殷村港污染物浓度时空变异比较研究[J]. 环境科学, 2012, 33(9): 3051-3056. (YANG Xiao-ying, LUO Xing-zhang, ZHENG Zheng, et al. Explore the spatial and temporal patterns of water pollution in the Yincungang Canal of the Lake Taihu basin, China[J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2012, 33(9): 3051-3056. (in Chinese))

Nitrogen pollutants variation of typical rivers entering into Taihu Lake in summer-autumn period

LYU Xue-yan^{1, 2, 3}, ZHANG Yong², XU Liang², LIU Lei², ZHONG Sheng², GUO Rong²

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of Environment, Nanjing University, Nanjing 210020, China; 2. Environmental Monitoring Center of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China; 3. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210029, China)

Abstract: Nitrogen inputting through the rivers which enter into the Taihu Lake is one of the main sources of the nitrogen pollutants in the Taihu Lake. For the purpose of revealing the variation characteristics in the process of the rivers entering into the Taihu Lake and the potential reasons, the Caoqiao River, the South Tai-Ge Canal and the Dapugang River were chosen as the typical rivers in Jiangsu Province which enter into the Taihu Lake for a field investigation. Then, the variations of nitrogen components in the three typical rivers were analyzed based on the field monitoring data. The analysis results show that total nitrogen concentrations all rise along the rivers, although the components of nitrogen have their own variation characteristics. It is also found that the nitrate is the main component of nitrogen in the Caoqiao River and the South Tai-Ge Canal, and that the ammonia is the main component of nitrogen in the Dapugang River. Meanwhile, the reasons for the variation of nitrogen components are not the same. The crossing of rivers and the discharge of wastewater treatment plants can influence the nitrogen concentration in the rivers entering into the Taihu Lake. Therefore, when a river improvement plan is implemented, not only a pertinent strategy should be made, but also the influences of the river crossing should be taken into account. Besides, effective measures should be adopted to reduce the nitrogen concentration in the effluent of wastewater treatment plants.

Key words: basin of Taihu Lake; river entering into Taihu Lake; nitrogen pollutants; water environment