巢湖流域典型村庄生活污水水质年变化特征*

王丽丽 李艳菊** 袁聪颖 高海军

(北京理工大学生命学院, 北京, 100081)

摘 要 为揭示巢湖流域典型村庄生活污水水质特征,本文采用定点定期采样法,对巢湖流域两类典型村庄生活污水水质进行了2年测定研究. 结果显示,不同月份两村生活污水的COD、NH_4^+-N、TN、TP等指标呈现出相同的变化趋势,各指标浓度在6—8月较低,而COD和TN浓度在12—2月较高;两村的生活污水COD、NH_4^+-N、TN、TP全年变化范围为46.77—424.80 mg·L^{-1}、4.30—17.40 mg·L^{-1}、9.36—34.38 mg·L^{-1}、0.27—3.06 mg·L^{-1};大汤村和电厂新村两村生活污水全年COD、NH_4^+-N、TN、TP平均值分别为171.98 mg·L^{-1}和219.60 mg·L^{-1}、8.07 mg·L^{-1}和11.52 mg·L^{-1}、17.80 mg·L^{-1}和21.33 mg·L^{-1}、1.15 mg·L^{-1}和1.53 mg·L^{-1}.

关键词 巢湖流域, 典型村庄, 生活污水, 水质特征.

据2009年中国环境状况公报,巢湖水质总体为Ⅴ类,污染物主要包括总氮、总磷和石油类[1]. 巢湖流域农村人口居多,常住农村人口为229.9万人,占总人口的59.35%[2]. 农村生活污水未经处理直接排放流入巢湖,是引起巢湖水体污染和富营养化的污染源之一. 巢湖流域农村生活污水主要由厨房洗涤、淋浴、洗衣废水、含冲厕废水或不含冲厕废水等组成,主要含有纤维素、淀粉、糖类、脂肪、蛋白质等有机类物质,还含有氮、磷等无机盐类、合成洗涤剂以及细菌、寄生虫卵等,农村生活污水一般不含有毒物质[3]. 农村生活污水水质具有地域特异性,与当地居民的生活水平、生活习惯等有关,同时与采样时间、气候条件等因素也有密切关系. 冯华军[4]对浙江省杭州(代表内陆城市)、宁波(代表沿海城市)、舟山(代表海岛)3个地区城市的生活污水水质进行了测定,测得COD、TN、NH_4^+-N、磷酸盐等指标的平均值分别为323 mg·L^{-1}、52.9 mg·L^{-1}、36.9 mg·L^{-1}、5.2 mg·L^{-1};同时指出生活污水水质的变化与温度、居民生活方式和生活水平相关. 张鑫[5]对四川省境内岷江流域部分农村生活污水排放规律进行了研究,得出一天中COD浓度在上午、中午和晚上各有高峰,COD、NH_4^+-N、TP含量分别为62.06—314.05 mg·L^{-1}、3.59—40.50 mg·L^{-1}、0.45—12.11 mg·L^{-1}. Mawuli Dzakpasu[6]对爱尔兰Glaslough村生活污水水质进行了研究,得到NH_4^+-N全年平均浓度为40 ± 13.6 mg·L^{-1}. Kemal Gunes[7]报道土耳其名为Ileydagi的村庄生活污水COD、TN、TP平均值分别为713 mg·L^{-1}、85.9 mg·L^{-1}、8.94 mg·L^{-1}. 尹微琴[8]对太湖流域的昆山市锦溪镇周家浜村生活污水污染物排放系数进行研究,得出农村居民人均污水排放量、人均COD和氮磷排放量随季节呈显著差异,且与家庭收入呈负相关趋势. Enis Morkoç[9]对依兹密特海湾的陆地污染源和其对沿海水域的影响进行了研究,表明包含部分生活污水的废水中污染物浓度变化依赖于干湿季变化. 袁晓燕[10]对大清河流域城郊村镇生活污水排放规律和污染负荷研究表明,城郊村镇生活污水雨季中污染物浓度低于旱季,但由于雨季生活污水排放量大,所以雨季污染物排放总量高于旱季. 孙兴旺[11]报道巢湖流域农村生活污水COD浓度约为800—1200 mg·L^{-1},TN浓度约为20—40 mg·L^{-1},TP浓度约为4—6 mg·L^{-1},NH_4^+-N浓度约为10 mg·L^{-1}, COD、TN、TP浓度在冬、春季较高,夏、秋季较低.

黑水是指公共厕所或卫生间的含粪便污水. 目前对巢湖流域典型村庄生活污水水质特征尚无研究报道. 本研究选取该地区生活污水包含全部黑水和部分黑水的两类型村庄作为研究对象,对生活污水COD、NH_4^+-N、TN、TP、pH、温度等水质指标进行为期两年的监测,以期获得两种类型村庄生活污水水质年变化特征,为巢湖流域农村生活污水的科学治理和农村环境的改善提供科学依据.

2011年6月26日收稿.

* 水体污染控制与治理科技重大专项课题(2009ZX07103)资助.

** 通讯联系人,Tel:15910505911; E-mail:liyj215@yahoo.com.cn

1　材料与方法

1.1　采样信息

研究地点为安徽省巢湖市居巢区苏湾镇的大汤村和夏阁镇的电厂新村,两村均位于巢湖流域上游,其生活污水流经小柘皋河,进入巢湖. 大汤村取水点位于村头排污渠出口处,收集了 315 户居民排放的生活污水,其中 65 户使用旱厕,排放灰水,250 户居民黑水通过管道进入一个大化粪池,不定期排放进入排污渠. 该村生活污水主要由厨房用水、洗浴、洗涤用水、雨水以及不定期排放的社区黑水组成. 电厂新村实取水点在村头生活污水排污口处,排污渠收集了全村 177 户居民排放生活污水. 该村家家户户有化粪池,生活污水主要由厨房用水、洗浴洗涤用水、雨水和黑水组成.

水样采集:从 2009 年 10 月至 2011 年 10 月期间,每个月 15 日从大汤村和电厂新村生活污水排污口处采集水样. 若遇雨天,待雨停至少两天后取样监测. 每次每个点采集水样 500 mL,24 h 内完成各项水质指标测定,平行测定 3 次. 两年同月份数据采取平均值.

1.2　分析方法

水质测定方法:TN 采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定(GB11894—89); TP 采用钼酸铵分光光度法测定(GB11893—89);COD 采用重铬酸盐法测定(GB11914—89);NH_4^+-N 采用靛酚蓝比色法测定;pH 采用雷磁 PHS-3DpH 计测定;温度采用温度计测定.

超标倍数计算:各指标超标倍数 = 该污染物浓度/国家标准 - 1.

2　结果与讨论

2.1　生活污水 COD 动态变化特征

对大汤村和电厂新村生活污水 COD 测定结果见图 1. 由图 1 可知,大汤村和电厂新村 COD 全年变化范围分别为 46.77—300.00 $mg\cdot L^{-1}$和 97.57—424.80 $mg\cdot L^{-1}$;含全部黑水的电厂新村 COD 全年平均浓度为 219.60 $mg\cdot L^{-1}$,含部分黑水的大汤村为 171.98 $mg\cdot L^{-1}$,前者高于后者 27.69%,这与 Butler D[12]得出的冲厕废水对污水中 COD 贡献最大的结果相近. 两村生活污水 COD 含量均在 12—2 月冬季较高,这可能与冬季用水量较少以及与春节期间生活饮食改变有关. 两村 COD 变化范围与张鑫[5]对四川省境内岷江流域部分农村生活污水研究得出的范围较为接近,低于徐洪斌[13]对太湖流域农村生活污水研究得出的范围,即 350—770 $mg\cdot L^{-1}$.

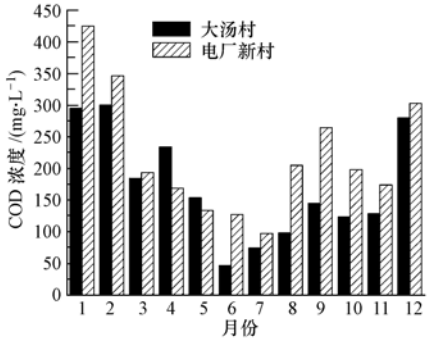

图 1　大汤村和电厂新村生活污水 COD 浓度全年变化

Fig. 1　Monthly COD concentration change of domestic wastewater in Datangcun and Dianchangxincun

2.2　生活污水 NH_4^+-N、TN 动态变化特征

对生活污水 NH_4^+-N 浓度和 TN 浓度一年测定结果见图 2. 由图 2 可知,大汤村和电厂新村排放污水的 NH_4^+-N 全年变化范围分别为 4.30—12.71 $mg\cdot L^{-1}$和 5.57—17.40 $mg\cdot L^{-1}$;其全年 NH_4^+-N 平均浓度分别为 8.07 $mg\cdot L^{-1}$和 11.52 $mg\cdot L^{-1}$. 说明大汤村生活污水 NH_4^+-N 全年平均浓度低于电厂新村. 大汤村、电厂新村 NH_4^+-N 浓度分别在 10—4 月、10—3 月较高,可能与巢湖地区在该期间前后为渔产品捕捞

期[14],期间渔产品大量上市,造成居民饮食结构变化有关.

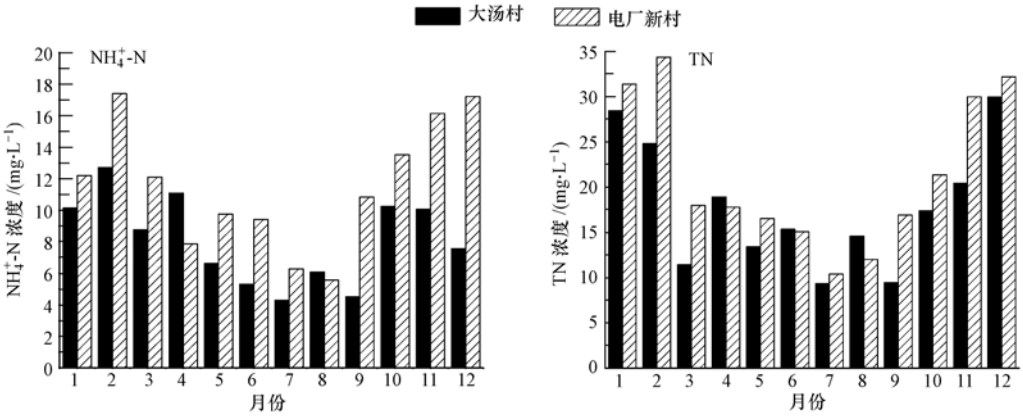

图 2 大汤村和电厂新村生活污水 NH_4^+-N 和 TN 浓度全年变化

Fig. 2 Monthly NH_4^+-N and TN concentration change of domestic wastewater in Datangcun and Dianchangxincun

大汤村和电厂新村排放污水的 TN 变化范围分别为 9.36—29.97 mg·L^{-1}和10.40—34.38 mg·L^{-1};大汤村和电厂新村全年 TN 平均浓度分别为 17.80 mg·L^{-1}和 21.33 mg·L^{-1}. 说明含全部黑水的村庄生活污水 TN 全年平均浓度比较高,这与 Butler D[12]研究冲厕废水对污水中含氮化合物贡献最大的结果相近. 大汤村、电厂新村生活污水 TN 含量在 12—2 月冬季较高,与冬季用水量减少以及饮食结构变化有一定关系,变化趋势与袁晓燕[10]对大清河流域村镇生活污水研究结果相近. 大汤村和电厂新村各个月份 NH_4^+-N 平均值分别占到 TN 平均值的 45.34% 和 54.01%,这与尹微琴等[8]报道的太湖流域的周家浜村不同收入状况污水中 NH_4^+-N 排放量占 TN 比例在 54.2%—56.8% 之间比较接近.

2.3 生活污水 TP 动态变化特征

对研究区生活污水 TP 测定结果见图 3. 由图 3 可知,大汤村和电厂新村 TP 全年变化范围分别为 0.50—1.96 mg·L^{-1}和 0.27—3.06 mg·L^{-1},平均值分别为 1.15 mg·L^{-1}和 1.53 mg·L^{-1};电厂新村生活污水因含全部黑水,TP 全年平均浓度要高于大汤村 33.04%. 大汤村和电厂新村生活污水 TP 含量分别在 6—9 月、5—8 月较低. 陈鸿烈[15]等研究台湾农村生活污水 TP 全年平均值为1.54 mg·L^{-1},徐洪斌[13]等研究太湖流域(宜兴地区)农村生活污水 TP 平均值为 2.75 mg·L^{-1},高于本文.

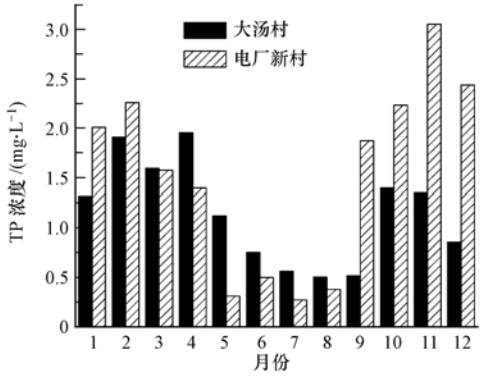

图 3 大汤村和电厂新村生活污水 TP 浓度全年变化

Fig. 3 Monthly TP concentration changes of domestic wastewater in Datangcun and Dianchangxincun

以上对两村生活污水 COD、NH_4^+-N、TN、TP 全年变化特征研究中,电厂新村由于生活污水含全部黑水,全年各指标平均浓度均高于大汤村;个别月份电厂新村生活污水水质指标低于大汤村,这与大汤村生活污水中含有不定期不定量排放的黑水有一定关系.

2.4 生活污水温度和 pH 值变化特征

对大汤村和电厂新村生活污水水温和 pH 值测定结果见图 4. 由测定结果可知,两村生活污水全年

pH 值变化范围分别为 6.82—7.88 和 6.80—7.84,平均值分别为 7.51 和 7.37. 两村全年水温变化范围为 5.1 ℃—25.3 ℃,11 月、12 月、1 月和 2 月温度较低,范围在 5.1 ℃—11 ℃,在此季节对生活污水进行生物处理时,要考虑温度影响. 5—10 月水温较高,该变化与季节气候变化特征吻合.

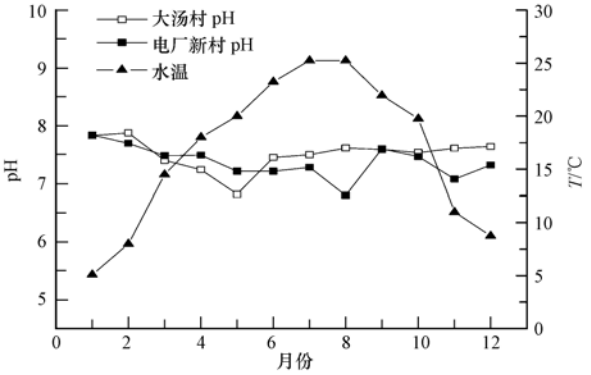

图 4　大汤村和电厂新村生活污水 pH 和水温全年变化

Fig. 4　Monthly pH and temperature change of domestic wastewater in Datangcun and Dianchangxincun

2.5　生活污水主要污染物含量特征

本实验监测地点距离巢湖水体在 10 km 之内,根据巢湖流域水污染防治条例[16]第二十条规定,入湖河道上溯 10 km 范围为二级保护区,属于Ⅲ类功能水域. 根据城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918—2002),排入Ⅲ类功能水域的水须执行一级 B 类排放标准. 其规定 COD≤60 mg·L^{-1},NH_4^+-N≤8(15) mg·L^{-1},TN≤20 mg·L^{-1},TP≤1 mg·L^{-1}. 根据上述水质测定结果得知,大汤村和电厂新村在 6—8 月污染物浓度较低,而在 12—2 月污染物浓度较高,分别对 3—5 月、6—8 月、9—11 月、12—2 月每三个月的 COD、NH_4^+-N、TN、TP 平均值进行计算,并与城镇污水处理厂污染物排放标准一级 B 类排放标准比较,获得指标超标倍数,结果见表 1.

表 1　两个村庄生活污水水质指标与国标比较超标倍数

Table 1　Water quality indexes of the two villages above the National Standards

村庄	水质指标	3—5 月	6—8 月	9—11 月	12—2 月
大汤村	COD	2.18	0.22	1.20	3.86
	NH_4^+-N	0.10	-0.35	-0.16	-0.32
	TN	-0.27	-0.35	-0.21	0.39
	TP	0.56	-0.40	0.09	0.36
电厂新村	COD	1.76	1.39	2.53	4.96
	NH_4^+-N	0.24	-0.11	0.37	0.04
	TN	-0.13	-0.38	0.14	0.63
	TP	0.10	-0.62	1.39	1.24

从表 1 可以得出大汤村和电厂新村生活污水 COD 全年超标,12—2 月份分别超出国标 3.86 倍和 4.96 倍. 大汤村生活污水 NH_4^+-N 3—5 月超标,TN 12—2 月超标,TP 除 6—8 月外其余阶段均超标;电厂新村生活污水 NH_4^+-N 除 6—8 月外其余阶段均超标,TN 在 12—2 月超标最多,TP 除 6—8 月外其余阶段均超标. 两村在 6—8 月份各指标超标倍数均最低. 电厂新村 COD、NH_4^+-N 和 TN 超标比较严重.

3　结论

通过对巢湖流域上游两个村庄 2 年生活污水测定研究得知,大汤村和电厂新村生活污水 COD、NH_4^+-N、TN、TP 全年变化范围分别为 46.77—300.00 mg·L^{-1}和 97.57—424.80 mg·L^{-1}、4.30—12.71 mg·L^{-1}和 5.57—17.40 mg·L^{-1}、9.36—29.97 mg·L^{-1}和 10.40—34.38 mg·L^{-1}、0.50—1.96 mg·L^{-1}和 0.27—3.06 mg·L^{-1};全年大汤村和电厂新村生活污水 COD、NH_4^+-N、TN、TP 平均值分别为 171.98 mg·L^{-1}和 219.60 mg·L^{-1}、8.07 mg·L^{-1}和 11.52 mg·L^{-1}、17.80 mg·L^{-1}和 21.33 mg·L^{-1}、1.15 mg·L^{-1}和 1.53 mg·L^{-1};两村在

6—8 月份各指标超标倍数均最低;电厂新村由于生活污水包含全部黑水,其 COD、NH_4^+-N、TN 超标比较严重. 农村生活污水未经处理直接排放流入巢湖,会在一定程度上加剧巢湖的富营养化.

参 考 文 献

[1] 国家环境保护局. 2009 年中国环境状况公报[EB/OL]. [2010-07-20]. http:// websearch. mep. gov. cn

[2] 巢湖市统计局. 巢湖市 2010 年第六次全国人口普查主要数据公报[N]. 巢湖日报,2011 年 7 月 5 日 002 版

[3] 陈俊杰. ABR 处理农村生活污水的试验研究[D]. 成都:西南交通大学硕士学位论文,2008

[4] 冯华军. 分散式生活污水处理工艺开发及机理研究[D]. 杭州:浙江大学硕士学位论文,2008

[5] 张鑫. 农村生活污水排放规律及处理方法分析[J]. 广东农业科学,2008,(8):139-142

[6] Mawuli Dzakpasu, Oliver Hofmannb, Miklas Scholzc, et al. Nitrogen removal in an integrated constructed wetland treating domestic wastewater[J]. Journal of Environmental Science and Health Part A, 2011,46: 742-750

[7] Kemal Gunes, Bilal Tuncsiperb. A serially connected sand filtration and constructed wetland system for small community wastewater treatment [J]. Ecological Engineering, 2009, 35: 1208-1215

[8] 尹微琴,王小治,王爱礼,等. 太湖流域农村生活污水污染物排放系数研究——以昆山为例[J]. 农业环境科学学报,2010,29(7):1369-1373

[9] Enis Morkoç, Oya S Okay, Ayşe Edinçliler. Land-based sources of pollution along the Izmit Bay and their effect on the coastal waters[J]. Environ Geol, 2008, 56: 131-138

[10] 袁晓燕,余志敏,施卫明. 大清河流域典型村镇生活污水排放规律和污染负荷研究[J]. 农业环境科学学报,2010,29(8):1547-1557

[11] 孙兴旺. 巢湖流域农村生活污染源产排污特征与规律研究[D]. 合肥:安徽农业大学硕士学位论文,2010

[12] Butler D, Fnedier E, Gatt K. Charactering the quantity and quality of domestic wastewater inflows[J]. Water Science and Technology, 1995, 31(7): 13-24

[13] 徐洪斌,吕锡武,李先宁,等. 太湖流域农村生活污水污染现状调查研究[J]. 农业环境科学学报,2007,26(增刊):375-378

[14] 过龙根,谢平,倪乐意,等. 巢湖渔业资源现状及其对水体富营养化的响应研究[J]. 水生生物学报,2007,31(5):700-705

[15] 陈鸿烈,曾安新,梁家柱. 台湾农村生活废水之水质特性及其影响研究[J]. 水土保持研究,1999,6(3): 100-105

[16] 安徽省人民代表大会常务委员会. 巢湖流域水污染防治条例[EB/OL]. [2011-11-01]. http: //www. people. com. cn/ item/ flfgk/ dffg/ 1998/ C511039199801. html

Temporal change of water quality of the typical rural domestic sewage in Chaohu Lake basin

WANG Lili *LI Yanju** *YUAN Congying* *GAO Haijun*

(School of Life Science, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

ABSTRACT

Rural domestic sewage contribution has become a major source of water quality deterioration of Chaohu Lake. To reveal the water quality characteristics of the typical rural domestic sewage in Chaohu Lake basin, samples from two villages named Datangcun and Dianchangxincun were collected for two years and analyzed for drainage amount and pollution characteristics such as COD, NH_4^+-N, TN, TP. The results show that the concentrations of COD, NH_4^+-N, TN, TP in domestic wastewater were low between June and August, while the concentrations of COD and TN were high between December and February. The results also show that the concentration range of COD, NH_4^+-N, TN, TP in domestic wastewater in Datangcun and Dianchangxincun was respectively 46.77—424.80 $mg\cdot L^{-1}$, 4.30—17.40 $mg\cdot L^{-1}$, 9.36—34.38 $mg\cdot L^{-1}$, 0.27—3.06 $mg\cdot L^{-1}$, and the average concentration of COD, NH_4^+-N, TN, TP was respectively 171.98 $mg\cdot L^{-1}$ and 219.60 $mg\cdot L^{-1}$, 8.07 $mg\cdot L^{-1}$ and 11.52 $mg\cdot L^{-1}$, 17.80 $mg\cdot L^{-1}$ and 21.33 $mg\cdot L^{-1}$, 1.15 $mg\cdot L^{-1}$ and 1.53 $mg\cdot L^{-1}$. This work has provided the basis for the scientific treatment of rural domestic sewage in Chaohu Lake basin.

Keywords: Chaohu Lake basin, typical village, domestic sewage, water quality characteristic.