

截污后晋江水质季节变化分析与评价

林建荣, 尤烘株

(河口生态安全与环境健康福建省高校重点实验室(厦门大学嘉庚学院), 福建 漳州 363105)

摘要:通过统计2019年晋江石碧断面水质周报数据,分析该断面水质指标季节变化,并用单因子指数法评价其水质。结果表明:pH值全年变化范围为6.68~7.54,季节均值顺序为秋季<冬季<春季<夏季;DO全年变化范围为5.0 mg/L~9.7 mg/L,春冬季高于夏秋季; I_{Mn} 全年变化范围为1.5 mg/L~3.4 mg/L,春夏季略高于秋冬季; NH_3-N 全年变化范围为0.08 mg/L~0.51 mg/L,表现为春冬季高,夏秋季低;TP全年变化范围为0.042 mg/L~0.169 mg/L,表现为春季最高,夏冬季次之,秋季最低;Cr(VI)全年稳定在0.002 mg/L。单因子评价法显示,晋江总体符合Ⅲ类水质标准;使用 t 检验法发现,TP与 NH_3-N 显著相关,可能是由于二者受到相同污染源的影响所致。

关键词:水质指标;季节变化;水质评价;晋江

中图分类号:X824

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2021)06-0040-04

Analysis and Evaluation of Seasonal Variation of Water Quality in Jinjiang River After Sewage Interception

LIN Jian-rong, YOU Hong-zhu

(Key Laboratory of Estuarine Ecological Security and Environmental Health of Fujian Province University (Xiamen University Tan Kah Kee College), Zhangzhou, Fujian 363105, China)

Abstract: Based on water quality weekly report data in Shilong section of Jinjiang river in 2019, the seasonal variation of water quality index was analyzed, and the water quality was evaluated by single factor index method. The results showed that the annual variation range of pH value was from 6.68 to 7.54, and the order of seasonal mean value was autumn < winter < spring < summer. The annual variation of DO ranged from 5.0 mg/L to 9.7 mg/L, which was higher in spring and winter than in summer and autumn. The annual variation range of I_{Mn} was from 1.5 mg/L to 3.4 mg/L, which was slightly higher in spring and summer than in autumn and winter. The annual variation range of NH_3-N was from 0.08 mg/L to 0.51 mg/L, which was higher in spring and winter than in summer and autumn. The annual variation range of TP was from 0.042 mg/L to 0.169 mg/L, which was the highest in spring, followed by summer and winter, and the lowest in autumn. The concentration of Cr(VI) was stable at 0.002 mg/L throughout the year. According to single factor evaluation method, the water quality of Jinjiang river met class Ⅲ water quality standard. TP was significantly correlated to NH_3-N by t test because they might be affected by the same pollution source.

Key words: Water quality index; Seasonal variation; Water quality evaluation; Jinjiang river

从近几年水质监测的污染物来看,我国7大水系中污染物种类多达2000多种^[1],这些污染物将会对经济社会发展产生影响,对人民生活造成危害。《2019年中国环境状况公报》显示,我国越来越重视对水环境的保护及治理,开展碧水保卫战,深入实施《水污染防治行动计划》^[2]。晋江水系是

泉州市的主要饮用水源,是泉州工农业生产及生活

收稿日期:2020-11-27;修订日期:2021-09-30

基金项目:福建省教育厅本科教育基金资助项目(FBJG20210040);漳州市自然科学基金资助项目(ZZ2020J29)

作者简介:林建荣(1970—),男,广东揭阳人,副教授,硕士,主要从事环境监测和环境安全的教学与科研工作。

用水的命脉。保护好晋江水环境,对泉州市可持续发展具有重大意义。1998年底,泉州市政府启动了晋江流域水环境综合整治工作,2000年整治取得明显成效,该流域水环境出现了好转局面^[3]。2015—2017年实施截污工程后,社会经济等发生了很大变化。今选取晋江石砬监测断面为研究对象,系统分析其水质指标季节变化,以此评价截污后的晋江水水质,为继续提升流域治理水平提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

晋江发源于福建省中部戴云山,晋江流域(E117°26′~E118°28′,N24°19′~N25°19′)绝大部分位于泉州市境内,总面积为5 629 km²,河长182 km,流域年均气温17℃~21℃,年均降水量1 010 mm~1 756 mm,降水主要集中于3—9月,约占全年降水量的85%,多台风暴雨。晋江水系支流多,河网密度大,面积在100 km²以上的支流有15条。晋江石砬水质监测断面(E118°31′,N24°58′)位于南安石砬镇内,是该地重要的水源地监测断面^[4],长期受到人类生产生活的影响。

1.2 数据来源

水质监测数据来源于泉州市生态环境局石砬断面水质周报(<http://quanzhou.gov.cn>)。选取pH值、溶解氧(DO)、高锰酸盐指数(I_{Mn})、氨氮(NH_3-N)、总磷(TP)、六价铬[Cr(VI)]等6项水质指标的自动监测数据,监测时间为2019年的第1周(1月7日)—第52周(12月30日)。以春季(9—21周)、夏季(22—34周)、秋季(35—47周)、冬季(1—8周、48—52周)划分后计算季节均值、标准差等。

1.3 水质评价方法

采用单因子评价法^[5]评价水质。该方法是以各水质指标的监测值与标准限值进行计算,标准限值参照《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002),来确定各水质指标所达到的水质类别,再根据该河流监测断面参与评价的水质指标中水质类别最高的一项来确定断面的水质类别^[3,6]。该方法是目前我国环境监测系统普遍采用的水质评价方法。

2 结果与讨论

2.1 水质指标的季节变化

图1(a)—(f)为晋江石砬断面各水质指标的

季节变化。由图1(a)可见,pH值全年变化范围为6.68~7.54,春夏秋冬四季pH值的变化范围分别为6.95~7.52、7.16~7.45、6.68~7.01、6.81~7.54,季节均值顺序为秋季(6.81)<冬季(7.20)<春季(7.21)<夏季(7.29),春夏季的pH值高于秋冬季。单周pH值的最高值为7.54,出现在冬季,可能是由于碳酸电离常数随冬季水体温度的降低而减小所致。pH值是水质检测的重要指标,也是我国污水排放标准中控制范围的重要指标^[7],能够直观反映水体中二氧化碳(CO₂)和水中植物的存在状态。由于春夏季水中浮游植物丰富,白天光合作用强,消耗CO₂促进水体pH值升高,而秋冬季浮游植物光合作用弱,释放CO₂促进水体pH值降低。

由图1(b)可见,春夏秋冬四季DO的变化范围分别为6.7 mg/L~9.2 mg/L、6.1 mg/L~8.0 mg/L、5.0 mg/L~8.0 mg/L、7.5 mg/L~9.7 mg/L,DO最高值9.7 mg/L出现在冬季,冬季符合Ⅰ类水质标准,春夏季均达到Ⅱ类水质标准,秋季出现全年最低值5.0 mg/L,为Ⅲ类水质。这可能是由于秋季水体植物老化或死亡,以及受到秋季NH₃-N和TP浓度低的影响,藻类含量减少,从而导致光合作用低,产生的氧气(O₂)量减少,CO₂量增多所致。另外,晋江秋季气温也较高,O₂溶解度低,造成水质较差。因此,秋季应该更严格地控制废水排放,以提高水体DO浓度,改善水质。南方地区与北方地区DO表现不同,如魏思凝等^[8]的研究表明,北京龙潭公园水质冬季DO较低。

由图1(c)可见, I_{Mn} 最大值3.4 mg/L出现在夏季,夏季 I_{Mn} 变化范围为1.9 mg/L~3.4 mg/L,平均值2.6 mg/L,为四季中最高,这可能是由于夏季降水量大,部分有机物、沉积物、泥沙随着雨水被带入水体,对水体造成了影响。 I_{Mn} 最小值1.5 mg/L出现在秋季。秋季的雨量小,夹带的有机物等较少, I_{Mn} 平均值为2.1 mg/L。冬季为枯水期, I_{Mn} 变化较小。总体而言, I_{Mn} 全年变化范围为1.5 mg/L~3.4 mg/L,季节变化不明显,春夏季略高于秋冬季,这与综合整治后蠡湖的 I_{Mn} 季节变化特征相似^[9]。 I_{Mn} 既能够直观地反映水体受还原性污染物污染的程度,也可以从侧面反映水体的自净能力^[10]。

由图1(d)可见,春夏秋冬四季NH₃-N的变化范围分别为0.17 mg/L~0.50 mg/L、0.08 mg/L~0.26 mg/L、0.12 mg/L~0.20 mg/L、0.09 mg/L~

0.51 mg/L, 平均值分别为 0.29 mg/L、0.18 mg/L、0.16 mg/L、0.22 mg/L, 表现出春冬季平均值高于夏秋季, 这可能与降水量有关。降水对于 NH₃-N 有稀释作用, 春冬季的降水量比夏秋季少, 稀释作用较弱, 故 NH₃-N 浓度相对较高。

由图 1(e) 可见, TP 春夏秋冬季节变化范围分别为 0.073 mg/L ~ 0.169 mg/L、0.063 mg/L ~

0.121 mg/L、0.042 mg/L ~ 0.082 mg/L、0.063 mg/L ~ 0.121 mg/L, 平均值分别为 0.106 mg/L、0.090 mg/L、0.062 mg/L、0.087 mg/L, 表现出春季平均值最高, 夏冬季次之, 秋季最低。春季 TP 较高可能与该季节是农业生产使用化学肥料的主要时期有关, 磷浓度过高将导致水体富营养化, 引发蓝藻暴发及赤潮等^[11]。

由图 1(f) 可见, 全年 Cr(VI) 平均值为 0.002 mg/L, 保持稳定, 达到 II 类水质标准。Cr(VI) 毒性高、易迁移, 对人体和生物危害极其严重, 若饮用水被含铬工业废水污染, 则人饮用后会导导致腹部不适及腹泻等中毒症状, 故有必要对水体中 Cr(VI) 进行检测和控制。

2.2 水质评价结果

根据单因子评价方法, 晋江石砬断面水质评价结果见表 1。由表 1 可知, DO 冬季最优, 达到 I 类水质标准, 春夏季次之, 均为 II 类水质, 秋季最差, 为 III 类水质; I_{Mn} 和 Cr(VI) 全年达到 II 类水质标准; NH₃-N 冬季为 III 类水质, 其他三季达到 II 类水质标准; TP 秋季达到 II 类水质标准, 其他三季为 III 类水质。综合各项指标的水质评价, 该断面为 III 类水质。单因子评价法虽然可以进行水质类别的判定, 即定性评价, 但由于未考虑各指标之间的权重比例, 不能定量反映水质的综合状况。

表 1 晋江石砬断面水质评价结果

Table 1 Water quality evaluation results in Shilong section of Jinjiang river

水质指标	春季	夏季	秋季	冬季
DO	II 类	II 类	III 类	I 类
I _{Mn}	II 类	II 类	II 类	II 类
NH ₃ -N	II 类	II 类	II 类	III 类
TP	III 类	III 类	II 类	III 类
Cr(VI)	II 类	II 类	II 类	II 类

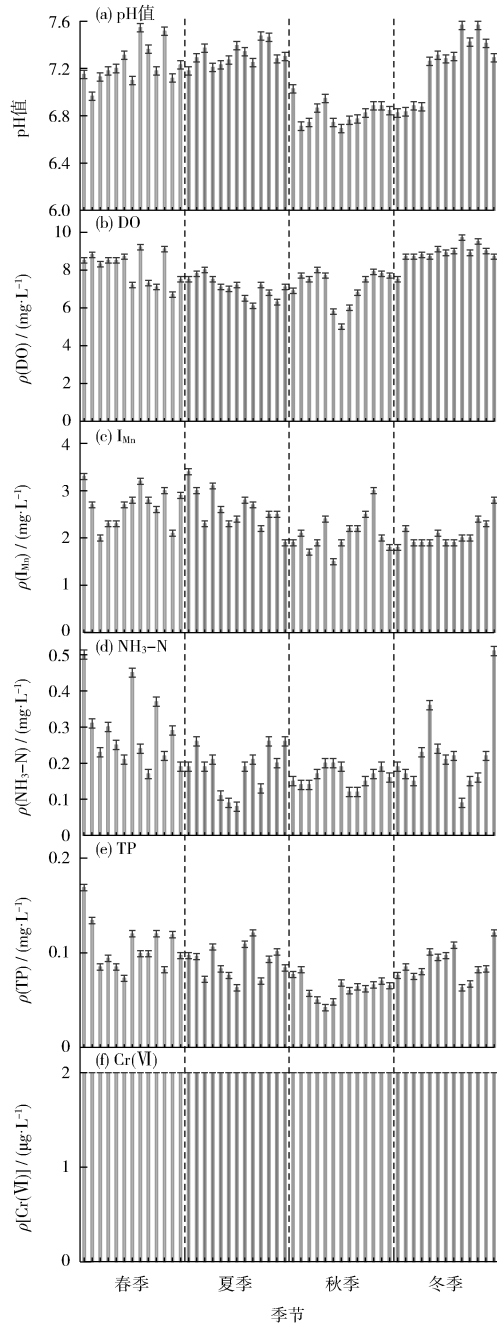


图 1 晋江石砬断面各水质指标的季节变化

Fig. 1 Seasonal variation of each water quality index in Shilong section of Jinjiang river

2.3 水质指标间的相关性分析

由全年水质各项指标之间的相关系数 R^2 值可知, 2019 年石砬断面的各项水质指标之间均呈正相关关系, R^2 均表现为 $0 < R^2 < 1$, 若某一水质指标数值增加, 则另一指标数值相应增加。其中, I_{Mn} 与 DO 的相关系数最小, 为 0.003 7, 接近 0, 可视为这两个变量之间几乎不存在线性关系; TP 与 NH₃-N 的相关系数最大, 为 0.543 8, 表明两者存在线性正相关关系。由全年水质各项指标之间的相关性 t

检验结果可知, TP 与 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的 t 值为 5.693, $> t_{0.01(50)} [t_{0.01(50)} = 2.403]$, 而其余指标之间的 t 值均 $< t_{0.01(50)}$, 故 TP 与 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的关系表现为显著相关, 其余指标间为关系不显著。

由 TP 与 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 之间的关系 (见图 2) 可知, TP 与 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度总体表现为共同增加或共同减少, 可能的原因为两者都受到相同污染源的影响及水体的有效稀释。两者浓度均表现为春夏季高于夏秋季, 可在夏秋季发现有少数水样 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度表现为增加趋势而 TP 浓度表现为减少趋势, 这可能是由于夏秋季温度高, 微生物增殖, 加速分解有机物, 从而提高了 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 浓度, 而 TP 浓度受到的影响较小所致。

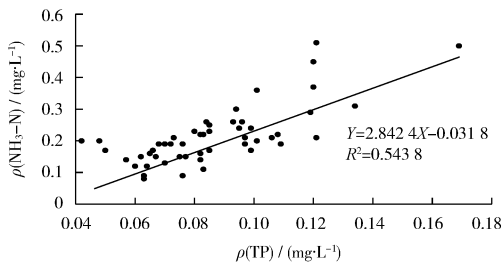


图 2 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 与 TP 的相关关系

Fig. 2 Correlation between $\text{NH}_3 - \text{N}$ and TP

水体中的氮磷可共同来自生活污水、工业废水、化学肥料等, 与土地利用方式也存在相关关系^[12], 过量的氮和磷是造成水体富营养化的主要因素, 也是水体藻类的主要营养物质, 且进入水体后容易积累。石砬断面的 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 与 TP 均表现为春季最高, 秋季最低, 主要受到生活用水的排放、化学肥料的使用等人为因素的影响。水体中氮磷含量的升高, 易产生微生物, 微生物能够分解有机物产生氮, 增加水体中总氮 (TN) 含量, 也可以加速底泥内源磷释放, 水体中较高的氮磷含量也给微生物提供了生长所必需的营养物质^[13], 这可能也是 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 与 TP 有非常显著相关性的原因之一。该结果与马自伟等^[14] 研究结果相似而与孙婷等^[5] 研究结果相反, 相关原因有待进一步研究。

3 结论

(1) 2019 年晋江石砬断面水质指标 pH 值、DO、 I_{Mn} 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 和 TP 的变化范围分别为 6.68 ~ 7.54、5.0 mg/L ~ 9.7 mg/L、1.5 mg/L ~ 3.4 mg/L、

0.08 mg/L ~ 0.51 mg/L 和 0.042 mg/L ~ 0.169 mg/L, Cr(VI) 稳定在 0.002 mg/L。

(2) 总体上 2019 年石砬断面的水质为 III 类。其中, pH 值全年达标; DO 冬季达到 I 类水质标准, 春夏季达到 II 类水质标准, 秋季为 III 类水质; I_{Mn} 和 Cr(VI) 全年均达到 II 类水质标准; $\text{NH}_3 - \text{N}$ 春夏秋达到 II 类水质标准, 冬季为 III 类水质; TP 夏季达到 II 类水质标准, 春秋冬季为 III 类水质。

(3) TP 与 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 呈显著意义相关, 可能是由于二者受到相同污染源的影响所致。

[参考文献]

- [1] 秦昌波, 李新, 容冰, 等. 我国水环境安全形势与战略对策研究[J]. 环境保护, 2019, 47(8): 20-23.
- [2] 中华人民共和国生态环境部. 2019 中国生态环境状况公报 [R/OL]. [2020-08-30]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/>.
- [3] 卢友行. 晋江流域水环境治理[C]//中国水利学会. 中国水利学会 2002 学术年会论文集. 北京: 中国水利学会, 2002: 538-542.
- [4] 马岚, 滕彦国, 林学钰, 等. 晋江流域水体污染源解析研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2012, 48(5): 471-475.
- [5] 孙婷, 莫跃爽, 李芳, 等. 花溪区思雅河水质分析与评价[J]. 环境监测管理与技术, 2020, 32(4): 43-47.
- [6] 陈涵贞, 苏德森, 陈丽华, 等. 武夷山风景区流域水质季节变化特征及评价[J]. 安全与环境学报, 2010, 10(5): 112-116.
- [7] 谷建强, 朱凡, 祁亨年. 温度对南苕溪水质电导率和 pH 的影响[J]. 环境工程, 2015, 33(S1): 906-910.
- [8] 魏思凝, 戴博凡. 城市景观水体水质季节变化及成因浅析[C]//中国环境科学学会. 2018 中国环境科学学会科学技术年会论文集: 第二卷. 北京: 中国环境科学学会, 2018: 728-732.
- [9] 田伟, 杨周生, 邵克强, 等. 城市湖泊水环境整治对改善水质的影响: 以蠡湖近 30 年水质变化为例[J]. 环境科学, 2020, 41(1): 183-193.
- [10] 何虎军, 张柳青, 黎云祥, 等. 南充市嘉陵江干流高锰酸盐指数和氨氮动态变化及影响因素[J]. 四川环境, 2018, 37(6): 95-101.
- [11] 解鑫, 陈鑫, 李东一, 等. 中俄跨界水体水质联合监测数据可比性研究[J]. 中国环境监测, 2018, 34(4): 133-140.
- [12] 乔悦, 国巧真, 吴欢欢, 等. 地表水水质时空变化及其与土地利用响应研究[J]. 环境监测管理与技术, 2020, 32(6): 23-27.
- [13] 黄道军, 薛睿康, 李凯, 等. 浅层滞缓流水体富营养化成因与防控策略[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2020, 52(4): 514-519.
- [14] 马自伟, 吴佳宁, 陈明, 等. 地表水中氨氮、总氮和总磷的污染程度及相关性分析[J]. 广州化学, 2017, 42(5): 7-11, 31.

本栏目编辑 谢咏梅