

Water Quality and Its Variation Character by the Season Change in City—A Case Study from Tuohe River in Suzhou City

Baobao Yu, Song Chen*

School of Resource and Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou Anhui
Email: *2451215609@qq.com

Received: Oct. 27th, 2016; accepted: Nov. 15th, 2016; published: Nov. 18th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to understand the river water quality in city and their variation characters, the testing data of Tuohe river water were collected in Suzhou city; the characters and influenced factors of water quality were discussed, and the results showed: the different chemical indicators of water quality were influenced by diverse environment factors; in detail, the pH values are highest in rain and lowest in winter, while the DO is higher in summer. EC, DO and TN are all have higher value in spring and autumn, while the NH₃-N, TP have higher content in winter. The content of COD and Mn are stable, with the season influencing limited. The single factor index was used to evaluate the water quality, and the results showed the river water could be subdivided as IV in spring, autumn and winter, while in summer the river water quality could be as V, what could be caused by the temperature, organic emission etc.

Keywords

Water Quality, Biochemical Oxygen Demand, Ammonia Nitrogen, River

城市河流水质组成季节变化规律——以宿州市 沱河为例

余宝宝, 陈松*

*通讯作者。

宿州学院, 资源与土木工程学院, 安徽 宿州
Email: *2451215609@qq.com

收稿日期: 2016年10月27日; 录用日期: 2016年11月15日; 发布日期: 2016年11月18日

摘要

为了解城市河流水质组成特征及其随季节变化规律, 搜集了宿州市沱河水质检测数据, 对水质特征及其影响因素进行分析, 结果表明: 不同水化学指标均受到环境不同程度的影响, PH值雨水期最高、冬季较低, DO含量夏季较高, 为二类水质, EC、DO和TN在春、秋季含量较高, NH₃-N、TP在冬季含量偏高, 而BOD在冬季含量较低, COD、Mn受季节影响不大。通过单因子指数评价方法对水质进行评价表明, 春、秋、冬三个季节为IV类水, 在夏季为V类水, 夏季水质变差主要受到温度升过、有机物排放等影响。

关键词

水质, 生化需氧量, 氨氮, 河流

1. 引言

水化学特征值是评价河流生态系统水质的重要指标, 水质的优劣对河流两岸一定范围内居民的生活水平和健康状况有很大的影响。近年来由于城市的快速发展、大批工厂的出现, 使环境污染愈加愈烈。目前, 大量河流的水质正朝着恶化的方向发展[1] [2]。面对全球气候变暖大背景下的河流, 其水质不仅受到人类生产、生活等人为活动的影响, 还受到季节性变化的显著影响。因此, 通过对不同季节河流水体水化学组分和特征值的检测与研究能够使我们了解到人为活动影响条件下的水质季节性变化状况, 并且还能够一定程度上反映河流流域内的基本特征[3]。到目前为止, 针对河流水化学组成季节变化规律方面研究的重要意义尚未引起全社会的重视, 只有个别国家在河流水化学组成季节变化规律方面做了少量研究。

安徽省宿州市地处淮北平原, 面积 9787 km², 水资源总量 34.8 亿 m³, 占全省水资源总量的 26%, 人均水资源拥有量为 601 m³, 属于较严重缺水地区[4] [5]。沱河作为宿州境内的主要河流, 也是皖北地区重要的河流, 与淮北和宿州两座煤炭城市的经济社会发展息息相关, 然而煤炭开采、工农业生产过程、城市交通及生活排放的污染物势必对其水体产生一定影响。沱河属于内源型污染河流, 近年来水体时有恶臭情况发生, 预防治理刻不容缓[6] [7], 因此, 笔者分析了沱河宿州段(东关闸至樊集) 3 个采样点 12 个月 36 个样品的酸碱度(pH)、电导率(Ec)、高锰酸钾指数(CODMn)、氨氮(NH₃-N)、总氮(TN)、总磷(TP)、溶解氧(DO)、生化需氧量(BOD₅)等一些指标含量的变化及其分布特征。对单项污染指标采用简单直观的图解法、基于参数检验的回归分析法以及非参数检验方法进行水质变化趋势研究。

2. 材料与方法

沱河又称为交水, 是淮河的一条主要支流, 发源于河南省商丘市李堤口西, 流经虞城、夏邑、永城, 至王庄进入安徽省, 在五河县西南入淮河, 全长 275.13 km, 流域面积 8500 km², 水源补给以大气降水为主, 沿岸夏邑、永城、濉溪、宿州煤炭储量丰富。沱河在宿州境内起于沱河进水闸, 终于泗县丁湖镇樊集村, 全长近百公里, 水域面积约 3195 km² 是宿州境内一条重要的河流。宿州市作为皖北重要城市, 有着悠久的历史, 人口约为 535 万[8]。境内自然资源丰富, 特别是煤炭资源储量, 有淮北矿业集团

公司和皖北煤电集团公司两个大型煤炭企业, 区内煤质优良、煤种齐全, 为发电工业及民用首选品种; 农产品主要有小麦、玉米、大豆, 近些年来又大力开发果园种植果树, 砀山梨已经闻名国内外。宿州市以传统产业为增长引擎, 煤炭工业和农业为主导产业, 带动宿州市经济的快速发展。

沱河东关闸断面位于宿州市主城区边缘地带, 河流西岸为城区、东岸为农业区, 沱河水体经东关闸流入宿州境内; 芦岭桥断面位于芦岭矿区内, 煤矿开采势必会对水体化学组分和特征值产生一定的影响; 樊集村位于宿州泗县丁湖镇, 与蚌埠市交界, 沱河经樊集流向蚌埠市。根据沱河宿州段水体污染物的主要来源及沱河河流水体具有很强的流动性, 东关闸断面、芦岭桥断面和樊集村断面具有很强的代表性, 便搜集这三个断面一年水质检测资料作为基础数据进行研究(图 1)。

3. 结果与分析

对三个断面各个月份检测得到的数据进行整理分析, 并以 3~5 月为春季、6~8 月为夏季、9~11 月为秋季、12~2 月为冬季做出各季节相应指标平均含量表(请见表 1)。可见宿州段沱河水体酸碱度(pH)、生化需氧量(BOD₅)在一定范围内变化, 三个不同的采样点中高锰酸钾指数(CODMn)、总氮(TN)、电导率(Ec)的含量相差较大, 溶解氧(DO)的含量都较高, 氨氮(NH₃-N)基本一致, 其中总氮(TN)的值相对正常河流最为异常, 是沱河河流水体水质异常的主要导致因素。

3.1. pH 和 EC 值变化

pH 值是水化学研究中的重要指标, 它反映了水体中 H⁺的活度。在沱河的三个断面采取的 36 个样品测得水体 pH 值可知(图 2), 沱河水体呈现碱性, pH 值分布在 7.0~8.9 之间, 平均值为 7.55, 明显高于大气降水的均值 6.0 [9], 表明受大气降水以外的其它因素影响较为显著。从图 2 中可以看出水体 pH 值具有明显的季节性变化规律。东关闸断面水体 pH 值变化较为强烈, 在三月份和七月份出现了两个峰值; 芦岭桥断面水体 pH 值在四月份和七月份出现峰值; 樊集断面水体 pH 值分别在四月份和九月份出现峰值, 虽然这三个断面水体 pH 值峰值出现的时间略有差别, 但总体看来都是在春季和夏季出现, 特别是夏季, 东关闸断面和芦岭桥断面水体 pH 值显著增高达到 8.9。宿州市在雨水期 6 月~9 月的降水量是全年降水量的 66% [10], 在七月份出现较高的峰值可能是因为大量的降水带动了两岸土壤中的有机物质以及受污染小河的废水进入水体, 使水体 pH 值明显增高。

电导率(Electrical conductivity, EC)通常代表水体中离子总量的相对多少, 是水体中总离子综合性指标

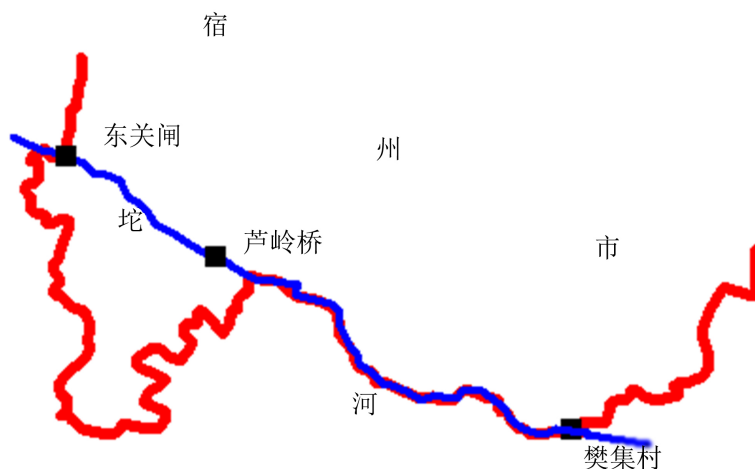


Figure 1. Location and sampling sites
图 1. 取样点示意图

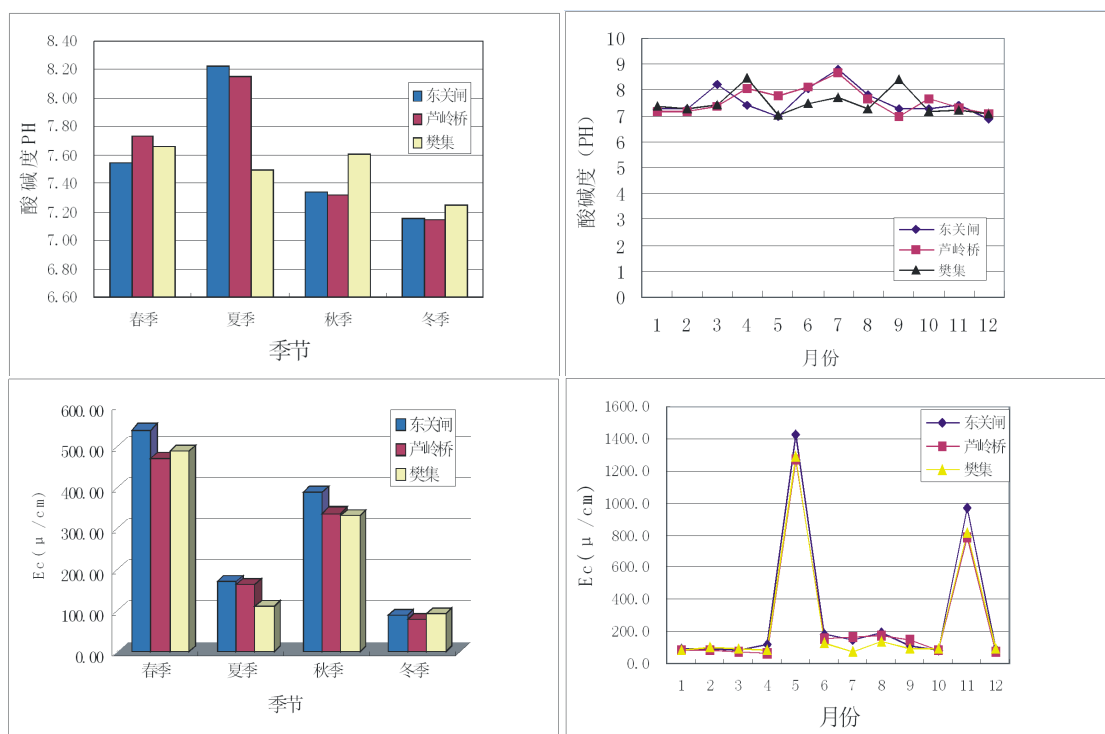


Figure 2. Variation correlations between pH, Ec and season

图 2. pH 值和 Ec 值随季节变化关系图

Table 1. Average content of parameter in each section in Tuohu River

表 1. 沱河水体各断面参数平均含量一览表

断面	季节	PH	Ec	DO	高锰酸盐指数	BOD	氨氮	总氮	总磷
东关闸	春季	7.55	540.70	8.48	7.87	6.89	0.42	0.69	0.30
东关闸	夏季	8.23	171.00	6.73	7.86	7.14	0.26	0.98	0.36
东关闸	秋季	7.34	390.20	8.16	6.40	6.50	0.45	4.21	0.22
东关闸	冬季	7.16	90.93	12.68	7.22	5.11	1.02	2.28	0.35
芦岭桥	春季	7.73	472.13	11.75	6.96	5.71	0.65	0.87	0.36
芦岭桥	夏季	8.15	164.93	6.70	9.99	9.15	2.09	3.08	0.49
芦岭桥	秋季	7.32	337.33	8.16	5.77	7.00	0.69	6.28	0.21
芦岭桥	冬季	7.15	79.43	12.39	5.32	5.39	0.79	1.22	0.32
樊集	春季	7.66	489.07	8.61	9.29	5.81	1.38	1.66	0.63
樊集	夏季	7.50	111.63	6.96	9.47	5.60	0.69	1.89	0.61
樊集	秋季	7.61	332.50	8.37	7.51	6.19	0.85	7.84	0.32
樊集	冬季	7.24	92.80	7.85	9.54	6.36	1.10	1.39	0.32

的反映。有图 2 可知沱河水体电导率变化范围较大, 介于 $67\sim 1423\ \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ 之间。特别是在五月份和十一月份其电导率值是其它月份的数倍, 三个断面表现出很强的一致性。但根据变异性进行分级, 最大值为 $1423\ \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$, 是最小值 $67\ \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ 的 21.24 倍, 变异系数(CV%)小于 10%, 因此沱河水体电导率为弱变异性, 变异系数(CV%)在 10%~100%之间为中等变异性, 变异系数(CV%)大于 100%为强变异性[11]。Ec

值在正常情况下受水体温度和酸碱度影响比较大, 温度越高、PH 值越小, Ec 值就越大[12], 但是沱河水体 Ec 值只是在五月份和十一月份突增, 表明这两个月的 Ec 值除受温度和酸碱度的影响外还可能受上游开闸放水的影响。

3.2. 总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮(NH₃-N)变化

沱河水体总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮(NH₃-N)含量的月变化过程请见图 3。樊集断面总氮含量相对较高, 全年平均值为 3.19 μg/l, 其次是芦岭桥断面, 全年平均值为 2.86 μg/l, 东关闸断面最低, 其全年平均值为 2.04 μg/l。沱河水体总氮(TN)含量在一月至八月基本上没有发生变化, 但在九月份有急剧增高现象, 三个断面表现出很强的一致性, 最大值达 17.87 μg/l, 是最小值 0.36 μg/l 的 49.6 倍。总磷的月变化情况较为总氮复杂, 可以看出樊集断面较之其他两个断面最为不稳定, 分别在五月和八月出现两次峰值, 其总磷含量分别是 0.86 mg/l、1.05 mg/l, 芦岭桥断面在六月份出现峰值, 东关闸断面总磷含量在冬季之前增减幅度相对较小, 但在十二月份急剧增高, 其他两个断面也随之增高, 年度内总磷含量最高值在樊集断面出现, 其含量为 1.05 mg/l, 是本年度最低含量芦岭桥断面 0.044 mg/l 的 23.75 倍。由图 3 可以看出各个断面上总氮和总磷含量的变化具有强烈的相似性, 且总磷含量的变化总是先于总氮含量的变化, 具有一定的超前性。

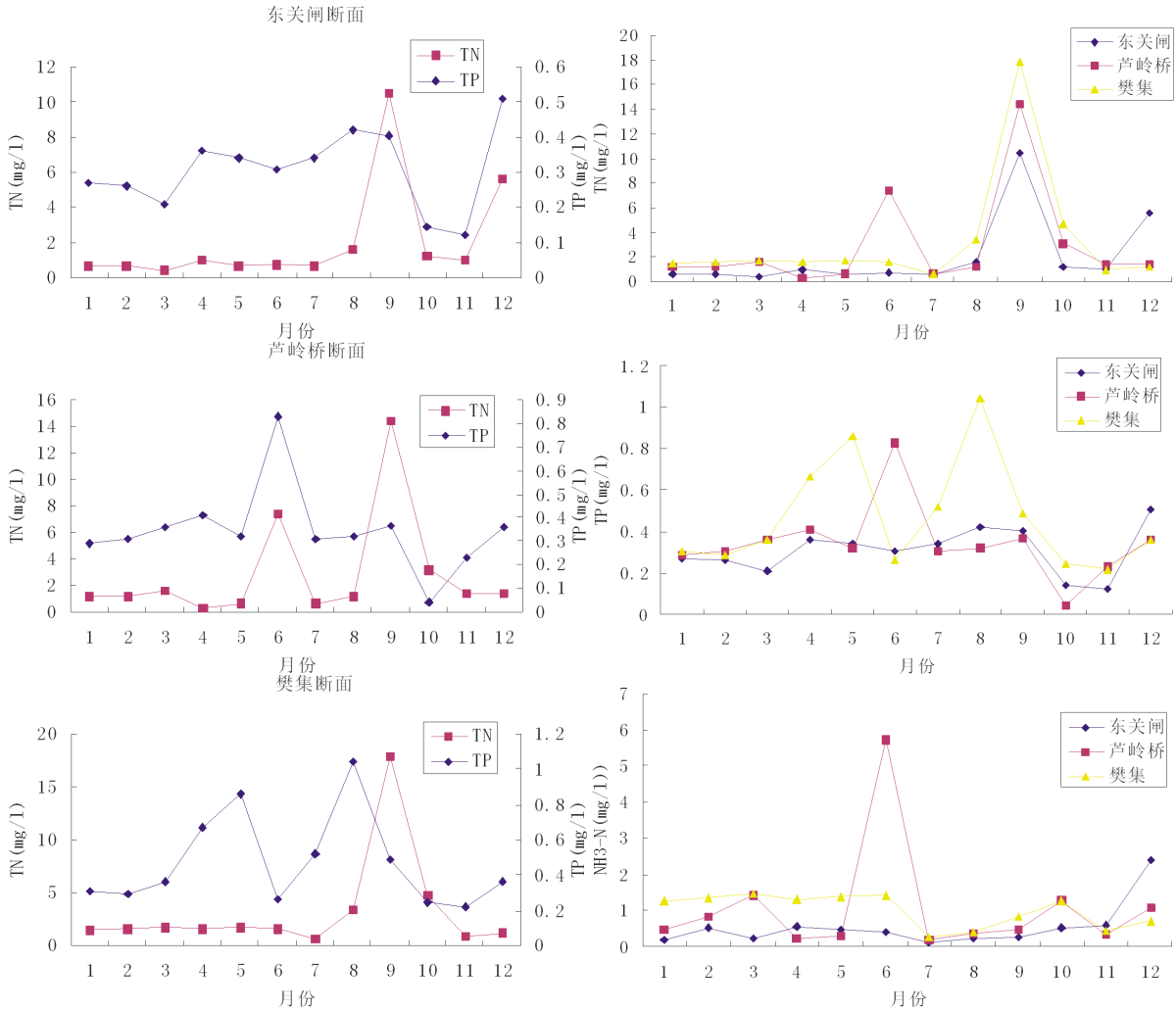


Figure 3. Variation of TN, TP and NH₃-N in each section in Tuohe River
图 3. 沱河各断面总氮(TN)、总磷(TP)氨氮(NH₃-N)变化

氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)含量主要来自工业废水排放,从图中可以看出氨氮含量在雨水季节夏季偏低,而在枯水季节含量较高,这是因为降水对氨氮浓度的稀释,其含量变化情况和总氮含量变化情况具有一致性。其中樊集断面本年度氨氮含量的均值接近于其他两个断面的均值之和,可能是由于水体经过东关闸断面流经芦岭桥断面再流向樊集断面,氨氮含量在樊集断面有积聚现象。在三月份芦岭桥断面和樊集断面氨氮含量都有所增高,但东关闸断面却在降低,这一现象有点反常,可能是上游水体流入对其的稀释作用[13]。

3.3. DO、BOD5、CODMn 变化

请见(图 4),溶解氧总体情况还算乐观,最高值达到了 18.2 mg/l,最低值为 3.2 mg/l,年度内平均值为 8.9 mg/l,达到了国家地表水 I 类水体 7.5 mg/l 的标准。在春冬季明显高于秋夏季,并且在四月份出现突增现象,是因为气温骤降导致水体中的气体溶解度增大。三个断面中樊集断面水体溶解氧含量在前四个月较其他两个断面低,后八个月相对持平,但波动幅度较其他两个断面强烈,这种现象的出现是由于两岸耕地农药和化肥的流入导致的。

生化需氧量(BOD5)在同一季节各个断面监测到含量差别较大,变化不具有一致性,且各季节均偏高,达到地表水的 IV 类、V 类标准(图 4)。总体变化与 DO 呈现相反趋势,在四五月份明显增高,并在接下来缓慢降低,但 BOD5 值仍然较高,说明污染现象正在加剧。

化学需氧量是水污染的主要参数之一,反映了地表水体受还原性物质污染的程度。CODMn 是近年来国家规定的专适用于检测地表水和饮用水质量的关键指标之一,从图 4 中可以看出,沱河宿州段水体在各个断面上化学需氧量检测值相差较大,三个断面都在八月份达到了峰值,这和酸碱度 PH 值出现峰值的时间一致,并且樊集断面的化学需氧量检测值在各个季节都高于其他两个断面,可能是因为上游的

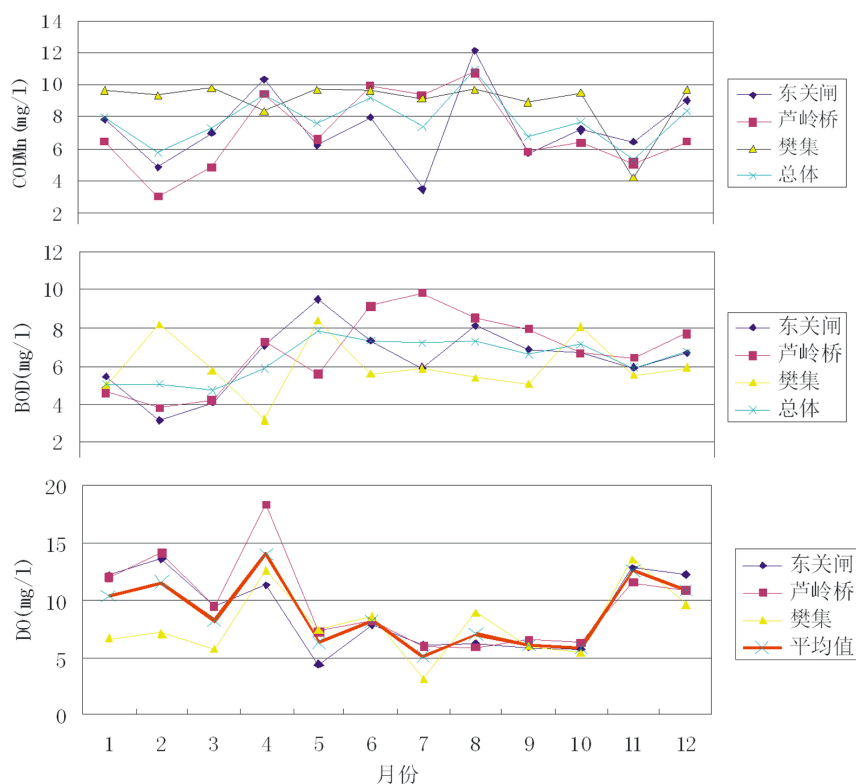


Figure 4. Variation of DO、BOD5 and CODMn in Tuohe river water in Suzhou

图 4. 宿州市沱河水体 DO、BOD5、CODMn 含量变化

污染物在下游聚集造成的。化学需氧量的月平均值总体变化和生化需氧量(BOD5)的月平均值总体变化基本一致, 但化学需氧量的月平均值变化波动较大。

3.4. 影响因素

综合沱河宿州段水体三个断面检测的各种指标变化情况可以看出, 三个断面除总磷和生化需氧量外都表现出很强的一致性, 在春季和秋季樊集断面以及在夏季芦岭桥断面水体的总磷含量是东关闸断面对应季节的 2~4 倍, 三个断面的生化需氧量在春夏秋冬四个季节变化强烈, 且其与溶解氧呈现负相关关系, 总氮和总磷的含量在夏秋季明显高于春冬季, 各个断面上总氮和总磷含量的变化具有强烈的相似性, 总磷含量的变化总是先于总氮含量的变化, 具有一定的超前性, 这些现象的产生不仅与温度、酸碱度有一定的关系, 更可能是两岸耕地农药和化肥的流入导致的。氨氮含量总体变化幅度较小, 但三个断面在各个季节呈现出明显的不同, 樊集断面氨氮含量检测结果高于芦岭桥断面, 芦岭桥断面又高于东关闸断面, 表明下游水体的氨氮含量较高于上游, 氨氮的来源主要是沿岸工厂向河流中排放的污水, 下游河道变窄、河床抬升使水流受阻, 导致工厂排放污水中的氨氮再次积聚。水体 pH 值具有明显的季节性变化规律, 在夏季 PH 值达到了顶峰为 8.9, 宿州市在雨水期 6 月~9 月的降水量是全年降水量的 66% [10], 在七月份出现较高的峰值可能是因为大量的降水带动了两岸土壤中的有机物质以及受污染小河的废水进入水体, 使水体 pH 值明显增高。化学需氧量的月平均值总体变化和生化需氧量(BOD5)的月平均值总体变化基本一致, 但化学需氧量的月平均值变化波动较大, 其最大值的出现季节与 PH 值一致, 说明生化需氧量与 PH 值的变化是由同一原因所致。

4. 水质评价

依据《地表水环境质量标准》(GB8838-2002), 选取相应类别的水质标准进行单因子评价。单因子评价法先确定该河流水体评价标准, 将各个指标与国家水质评价标准相比。依据其比值是否大于 1 来评价该水体是否达到了相应的水质标准, 并能够判断其水质类别[14] [15]。

计算公式: $G = \text{MAX}(G_i)$ 。

式中: G_i 为 i 项污染物的类别。

从表 2 中可以明显看出氨氮、总氮、总磷、溶解氧、生化需氧量、化学需氧量这六个指标中, 只有溶解氧达到了国家地表水 I 类水质, 氨氮和高锰酸盐指数分别是 III 类和 IV 类, 总氮在春季是 IV 类, 其它季节为 V 类, 而生化需氧量却在冬季为 IV 类, 其它季节为 V 类。整体来看, 综合污染指数法反映出相对标准值计算的结果, 而单因子指数法按照国家水质标准进行划分, 不仅能够区分其水质类别, 还能反映各个指标所处的类别。可明显的看出仅有溶解氧和氨氮含量处于较好的状态, 其它的指标都表明水质较差, 且受季节性影响不大, 但除高锰酸盐指数不受季节变化影响外, 其它指标都受到季节变化一定的影响, 直观地反映了各个指标的含况状况和水质的优劣。

5. 结论

1) 对沱河宿州段水体不同时间尺度下的 PH、EC、DO、TN、TP、NH₃-N、BOD、CODMn 等指标的连续监测表明, 沱河宿州段水文水化学指标对外界环境的变化响应迅速, 各个指标在所有时间尺度上均呈现出明显的波动现象, 而在不同时间尺度上所体现出的主导影响因素明显不同, PH 均值在夏季最大达到 7.96, 冬季最小为 7.18; EC 在春季达到了最大值 500.63 $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$, 是冬季最小值 87.72 $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$ 的 5.7 倍, DO 各季节均值的最大值与最小值分别在冬季和夏季出现, 且最大值 10.97 mg/l 是最小值 6.80 mg/l 的 1.61 倍; TN 在冬季高达 6.11 mg/l, 比其他三个季节的和 4.69 还高; TN、NH₃-N 和 CODMn 各季节平均值的最大值最小值都是分别在夏季和秋季出现。

Table 2. Evaluate results based on the single factor index in Tuohe River in Suzhou city
表 2. 宿州市沱河水体单因子指数评价结果

季节	单项指标评价结果						综合水质评价结果
	NH ₃ -N	TN	TP	DO	BOD ₅	CODMn	
春	III类	IV类	V类	I类	V类	IV类	IV类
夏	IV类	V类	V类	II类	V类	IV类	V类
秋	III类	V类	IV类	I类	V类	IV类	IV类
冬	III类	V类	V类	I类	IV类	IV类	IV类

2) pH 具有明显的季节变化规律, 表现出夏季最高, 冬季较低, 其它季节相对较高的特点。夏季高与大量的降水带动了两岸土壤中的有机物质以及受污染小河的废水进入水体有关。宿州市沱河段水质状况年内变化显著, EC、DO 和 TN 在春、秋季含量较高, NH₃-N 和 TP 在冬季含量偏高, BOD 在冬季含量较低, CODMn 在各个季节相似, 受季节影响较小。

3) 通过单因子指数评价方法对水质进行评价表明, 沱河宿州段水体水质在本年度内春、秋、冬三个季节为 IV 类水, 在夏季为 V 类水, 夏季水质变差的主要原因是气温的升高和雨水期带动两岸带动了两岸土壤中的有机物质以及受污染小河的废水进入水体。

基金项目

安徽省大学生创新创业训练计划项目(201510379138)、宿州学院大学生科研立项(KYLXLKYB15-29)共同资助。

参考文献 (References)

- [1] 洪金淑. 云南省地表水水质评价[J]. 人民长江, 2013, 43(12): 46-49.
- [2] Thiev, V., Billen, G. and Garnier, J. (2009) Nutrient Transfer in Three Contrasting NW European Watersheds: The Seine, Somme, and Scheldt Rivers: A Comparative Application of the Seneque/River Stahler Model. *Water Research*, **43**, 1740-1754. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2009.01.014>
- [3] 李蕊, 高红杰, 宋永会, 等. 沈阳细河与白塔宝河水水质空间分布特征研究[J]. 环境工程技术学报, 2013, 3(5): 429-436.
- [4] 张生, 洪城. 宿州市水资源可持续利用研究[J]. 宿州学院学报, 2005, 20(1): 95-98.
- [5] 张生, 许爱梅. 宿州市环境保护与可持续研究[M]. 北京: 中国科技出版社, 2003: 19-166.
- [6] 陈松, 黄淑玲, 孙林华, 张勇. 安徽宿州市沱河底泥中重金属元素地球化学特征[J]. 地球与地球与环境, 2011, 39(3): 331-337.
- [7] 李奇. 宿州市主要河流水质变化趋势分析及水质评价[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2015.
- [8] 黄梅. 宿州市河流湖泊普查及其成果[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(14): 154-155.
- [9] Li, Z.X., He, Y.Q., Pang, H.X., et al. (2009) The Chemistry of Snow Deposited during the Summer Monsoon and in the Winter Season at Baishui No. 1 Glacier, Mt Yulong, China. *Journal of Glaciology*, **55**, 221-228. <http://dx.doi.org/10.3189/002214309788608769>
- [10] 曹心良. 宿州市降水特征及变化趋势分析[J]. 治淮, 2007(5): 7-9.
- [11] 姚荣江, 杨劲松, 刘广明, 等. 黄河三角洲地区典型地块土壤盐分空间变异特征研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 61-66.
- [12] 任建丽, 金海龙, 叶茂, 等. 艾比湖湿地自然保护区水质分析与评价[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(5): 154-157.
- [13] 王双合, 胡兴林, 赵治文, 等. 甘肃省河流天然水化学特征的分布规律及控制因素分析[J]. 冰川冻土, 2010, 32(2): 372-380.
- [14] 徐祖信. 我国河流单因子水质标识指数评价方法研究[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2005, 33(3): 321-325.
- [15] 尹海龙, 徐祖信. 河流综合水质评价方法比较研究[J]. 长江资源与环境, 2008, 17(5): 729-733.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ojs@hanspub.org