

肯达尔检验法在江阴市河流水质趋势分析中的应用

贾俊杰^a, 逢勇^{a,b}, 罗缙^a, 胡琦玉^a, 王一舒^a

(河海大学 a. 环境学院; b. 浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘要: 为了了解江阴市水质变化动态, 根据 2006–2011 年江阴市地表水主要污染指数的实测资料, 应用季节性肯达尔检验法, 对江阴市地表水主要污染指标的变化趋势进行分析评价。结果表明: 近年来, 随着江阴市水污染防治力度的加大, 江阴市境内的主要河流湖泊总体水质状况呈好转趋势。

关键词: 季节性肯达尔检验; 地表水; 河流水质; 江阴市

中图分类号: X824

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2014)03-0083-07

Application of Kendall method to analysis of variation tendency of water quality in river of Jiangyin

JIA Junjie^a, PANG Yong^{a,b}, LUO Jin^a, HU Qiyu^a, WANG Yishu^a

(a. College of Environment; b. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lakes, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to understand the dynamic change of water quality and according to the actual data of main pollution indices of surface water quality in Jiangyin from 2006 to 2011, the paper used the seasonal Kendall method to analyze the variation tendency of main pollution indices of surface water in Jiangyin. The results showed that in recent years, with the implement of prevention and control of water pollution in Jiangyin, the situation of water quality of major rivers and lakes in Jiangyin shows improving trends.

Key words: Seasonal Kendall method; surface water; water quality of river; Jiangyin city

江阴市地处长江三角洲太湖平原北端、苏锡常“金三角”的几何中心。北枕长江, 与靖江市隔江相望, 南近太湖与无锡市区相接, 西邻常州市, 东接张家港市、常熟市。江阴交通十分便捷, 长江大桥横跨长江, 是京沪高速的重要组成部分, 历来是大江南北的重要交通枢纽, 江海联运、江河换装的天然良港。江阴市东西长 58.5 km, 南北宽 31 km, 总面积 987.5 km², 陆地面积 811.7 km², 水域面积 175.8 km², 其中长江水面 56.7 km²。

20 世纪 80 年代以来, 随着城市化建设和工业经济的迅猛发展, 大量未经处理的工农业废水和生活污水无序排放, 致使区域内河网水质恶化, 水资源短缺和水污染问题日益突出, 成为经济发展的重要制约因素。因此, 保护水资源, 加强水资源管理, 实现水资源的可持续利用, 是区域经济社会健康持续发展的必然选择。

为全面掌握江阴市地表水资源质量状况, 分析境内地表水水质变化趋势, 及时了解江阴市水质变化动态, 增强管理工作的科学性、预见性, 为江阴市水环境管理和环境综合决策提供科学依据, 江阴市水文局在全市主要江河湖库上先后设置了 72 个监测断面, 对全市较敏感水域进行水质监测分析评价。

1 代表断面及分析项目的选择

1.1 代表断面的选择

根据江阴市现有水质监测断面的代表性、分布情况以及水质监测数据的完整性, 选定长江(江阴段)及江阴市内河水水质监测断面 42 个(见表 1), 涉及长江(江阴段)监测断面 6 个, 内河监测断面 36 个。对选定的 42 个水质监测断面进行水质变化趋势分析, 以反映江阴市水质状况。

收稿日期: 2013-12-19; 修回日期: 2014-02-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(51179053); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07506-006-05、2012ZX07506-007-01)

作者简介: 贾俊杰(1990-), 男, 江苏镇江人, 硕士研究生, 主要从事环境规划与影响评价研究。

表 1 江阴市水质代表断面信息

序号	河流(湖库)	断面	序号	河流(湖库)	断面
1	白屈港	东新桥	22	利港	利港桥
2	白屈港	马镇	23	青祝河	祝塘桥
3	蔡港河	陶家桥	24	申港	申港桥
4	漕港河	东柳塘	25	桃花港	璜土镇北
5	澄塞河	先锋桥	26	西横河	澄东桥
6	澄塞河	忠义桥	27	锡澄运河	青阳
7	澄山河	石化桥	28	锡澄运河	西门大桥
8	东城河	平冠桥	29	新沟河	新沟桥
9	东城河	阳光桥	30	新胜河	黄桥
10	东横河	顾家桥	31	新夏港	新夏港桥
11	东横河	君山桥	32	应天河	云长桥
12	东横河	新浦桥	33	张家港	北国
13	东青河	万兴桥	34	张家港	周庄大桥
14	冯泾河	皋岸桥	35	长江	大河港闸
15	富贝河	红卫桥	36	长江	定波闸
16	红卫河	新华桥	37	长江	利港闸
17	华塘河	华士镇桥	38	长江	区域水厂
18	环山河	沿山桥	39	长江	肖山
19	黄昌河	秦望桥	40	长江	小湾水厂
20	黄山港	秦泾桥	41	长寿河	长寿大桥
21	界河	马公桥	42	祝塘河	文林桥

1.2 分析项目的选择

根据江阴市地表水污染特点,确定 COD_{Mn}、BOD₅、NH₃-N、DO 4 项指标为分析项目,主要选用江阴市水文局 2006 - 2011 年间每年各月的水质监测资料对江阴市主要河流湖泊进行水质趋势分析。

2 分析及原理

肯达尔检验法是多年水质数据的研究应用,主要应用于实测水质资料不完整、数据精确度不高、数值随季节性规律性变化的多年水质变化趋势的分析^[1-3]。

季节性肯达尔检验法原理^[4]是将历年相同月或同一时期的水质数据进行比较,如果后面的值(时间上)大于前面的值,则记为“+”号,低于则记为“-”号。如果“+”的个数比“-”的个数多,则判为上升趋势;如果“-”个数比“+”多,则判为下降趋势;如果“+”、“-”的个数各占 50%,则判为无明显变化趋势^[5-6]。

季节性肯达尔检验法^[7-8]的零假设 H₀ 为随机变量,在时间上独立,假设全年 12 个月的水质数据具有相同的概率分布。

设有 n 年 p 月的水质资料实测序列 X 为:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{np} \end{bmatrix}$$

(1)

式中: X_{np} 为第 n 年 p 月水质浓度监测值。

(1) 对于 p 月中第 i 月(1 ≤ i ≤ p, p ≤ 12) 的情况。设第 i 月内水质序列中非漏测数值的个数 n_i,每个月实测数据之间的差值为 X_{ji} - X_{ki},可作比较的差值数据组个数。

对于第 i 月来说,设正差值个数为 P_i,负差值个数为 Q_i。令 S_i = P_i - Q_i,在零假设下, S_i 近似地服从正态分布,则 S_i 的均值和方差如下:

均值: E(S_i) = 0

方差: σ₁² = Var(S_i) = n_i(n_i - 1)(2n_i + 5)/18

(2) 对于 p 月(p ≤ 12) 总体情况。

$$S = \sum_{i=1}^p S_i, m = \sum_{i=1}^p m_i, VarS = \sum_{i=1}^p (VarS_i)$$

若 n ≥ 10, S 也服从正态分布,且标准方差 Z 为

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{当 } S > 0 \\ 0 & \text{当 } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{当 } S < 0 \end{cases}$$

(2)

(3) 趋势检验。肯达尔检验统计量 t = S/m,在双尾趋势检验中,如果 |z| ≤ z_{α/2},则接受零假设 H₀。

这里 F_N(z_{α/2}) = α/2, F_N 为标准正态分布函数,则

$$F_N = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{|z|}^{\infty} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt$$

(3)

趋势检验的显著水平 α 值为:

$$\alpha = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_{|z|}^{\infty} e^{-\frac{1}{2}t^2} dt$$

(4)

取显著性水平 α 为 0.1 和 0.01,即当 α ≤ 0.01 时,说明肯达尔检验具有高度显著性水平;当 0.01 < α ≤ 0.1 时,说明肯达尔检验是显著性的。在 α 值满足上述两条件情况下,当 t > 0 时,则具有显著性(或高度显著性)上升趋势;当 t < 0 时,则具有显著性(或高度显著性)下降趋势;当 t 为零时,则为无趋势^[9-10]。

3 水质变化趋势分析结果

经过计算,江阴市境内主要河流湖泊水质变化趋势分析结果见表 2。

表 2 江阴市主要河流湖泊水质变化趋势分析结果

mg/L

河流 (湖库)	断面	参数	2006		2011		显著性 水平(α)	趋势分 析结论
			年均值	水质类别	年均值	水质类别		
白屈港	东新桥	COD _{Mn}	7.7	Ⅳ	4.1	Ⅲ	0.014	↓
		BOD ₅	3.3	Ⅲ	3	Ⅱ	0.095	↓
		NH ₃ -N	1.25	Ⅳ	0.94	Ⅲ	0.049	↓
		DO	5.5	Ⅲ	7.2	Ⅱ	0.002	↑↑
白屈港	马镇	COD _{Mn}	6.8	Ⅳ	6.2	Ⅳ	0.017	↓
		BOD ₅	4.6	Ⅳ	4.7	Ⅳ	0.038	↓
		NH ₃ -N	2.48	劣Ⅴ	2.28	劣Ⅴ	0.920	☆
		DO	3.3	Ⅳ	5.5	Ⅲ	0.012	↑
蔡港河	陶家桥	COD _{Mn}	13	Ⅴ	9.4	Ⅳ	0.016	↓
		BOD ₅	11.5	劣Ⅴ	7.6	Ⅴ	0.021	↓
		NH ₃ -N	4.03	劣Ⅴ	3.89	劣Ⅴ	0.089	↑
		DO	3.2	Ⅳ	2.80	Ⅴ	0.049	↑
漕港河	东柳塘	COD _{Mn}	6.9	Ⅳ	6.2	Ⅳ	0.021	↓
		BOD ₅	4	Ⅲ	4.9	Ⅳ	0.021	↑
		NH ₃ -N	3.4	劣Ⅴ	1.84	Ⅴ	0.072	↓
		DO	2.9	Ⅴ	5.1	Ⅲ	0.078	↑
澄塞河	先锋桥	COD _{Mn}	6.6	Ⅳ	5	Ⅲ	0.012	↓
		BOD ₅	5	Ⅳ	3.8	Ⅲ	0.033	↓
		NH ₃ -N	4.53	劣Ⅴ	4.72	劣Ⅴ	0.088	↑
		DO	3.4	Ⅳ	4.2	Ⅳ	0.890	☆
澄塞河	忠义桥	COD _{Mn}	6.5	Ⅳ	5.1	Ⅲ	0.097	↓
		BOD ₅	4.6	Ⅳ	3.9	Ⅲ	0.058	↓
		NH ₃ -N	5.9	劣Ⅴ	4.35	劣Ⅴ	0.016	↓
		DO	2.9	Ⅴ	3.2	Ⅳ	0.021	↑
澄山河	石化桥	COD _{Mn}	5.1	Ⅲ	5.3	Ⅲ	0.067	↓
		BOD ₅	4.6	Ⅳ	4	Ⅲ	0.049	↓
		NH ₃ -N	4.45	劣Ⅴ	4.66	劣Ⅴ	0.088	↑
		DO	3.1	Ⅳ	4.1	Ⅳ	0.067	↑
东城河	平冠桥	COD _{Mn}	6.5	Ⅳ	5.2	Ⅲ	0.072	↓
		BOD ₅	4.3	Ⅳ	4	Ⅲ	0.049	↓
		NH ₃ -N	5.68	劣Ⅴ	4.14	劣Ⅴ	0.033	↓
		DO	2.7	Ⅴ	3	Ⅳ		◇
东城河	阳光桥	COD _{Mn}	5.6	Ⅲ	5.2	Ⅲ	0.089	↑
		BOD ₅	4.4	Ⅳ	3.9	Ⅲ	0.041	↓
		NH ₃ -N	4.84	劣Ⅴ	3.63	劣Ⅴ	0.067	↓
		DO	2.4	Ⅴ	3.3	Ⅳ	0.013	↑
东横河	顾家桥	COD _{Mn}	6.1	Ⅳ	6.1	Ⅳ	0.018	↑
		BOD ₅	4	Ⅲ	4.7	Ⅳ	0.023	↑
		NH ₃ -N	1.66	Ⅴ	3.09	劣Ⅴ	0.034	↑
		DO	4.6	Ⅳ	4.4	Ⅳ	0.034	↑
东横河	君山桥	COD _{Mn}	6.1	Ⅳ	4.6	Ⅲ	0.038	↓
		BOD ₅	4	Ⅲ	3.3	Ⅲ	0.058	↓
		NH ₃ -N	4.28	劣Ⅴ	2.62	劣Ⅴ	0.013	↓
		DO	1.9	劣Ⅴ	4.6	Ⅳ	0.013	↑

续表 2

河流 (湖库)	断面	参数	2006		2011		显著性 水平(α)	趋势分 析结论
			年均值	水质类别	年均值	水质类别		
东横河	新浦桥	COD _{Mn}	5.7	Ⅲ	4.5	Ⅲ	0.027	↓
		BOD ₅	3.8	Ⅲ	3.2	Ⅲ	0.039	↑
		NH ₃ -N	4.9	劣Ⅴ	2.8	劣Ⅴ	0.033	↓
		DO	2.5	Ⅴ	4.5	Ⅳ	0.015	↑
东青河	万兴桥	COD _{Mn}	8.1	Ⅳ	7.1	Ⅳ	0.072	↓
		BOD ₅	5.7	Ⅳ	5.7	Ⅳ	0.027	↓
		NH ₃ -N	2.22	劣Ⅴ	2.36	劣Ⅴ	0.889	☆
		DO	2.7	Ⅴ	3.8	Ⅳ	0.049	↑
冯泾河	皋岸桥	COD _{Mn}	6.9	Ⅳ	5.4	Ⅲ	0.018	↓
		BOD ₅	4	Ⅲ	4	Ⅲ	0.088	↑
		NH ₃ -N	1.78	Ⅴ	1.82	Ⅴ	0.021	↓
		DO	5.3	Ⅲ	4.9	Ⅳ	0.058	↓
富贝河	红卫桥	COD _{Mn}	7.7	Ⅳ	7.4	Ⅳ	0.024	↓
		BOD ₅	5.1	Ⅳ	5.9	Ⅳ	0.024	↑
		NH ₃ -N	3.31	劣Ⅴ	2.56	劣Ⅴ	0.046	↓
		DO	4.9	Ⅳ	4.7	Ⅳ	0.038	↓
红卫河	新华桥	COD _{Mn}	4.6	Ⅲ	3.5	Ⅱ	0.027	↓
		BOD ₅	3.6	Ⅲ	2.3	Ⅱ	0.013	↓
		NH ₃ -N	2.61	劣Ⅴ	1.79	Ⅴ	0.038	↓
		DO	4.4	Ⅳ	7.2	Ⅱ	0.013	↑
华塘河	华士镇桥	COD _{Mn}	10.9	Ⅴ	8.5	Ⅳ	0.049	↓
		BOD ₅	8.3	Ⅴ	7	Ⅴ	0.067	↑
		NH ₃ -N	2.34	劣Ⅴ	2.68	劣Ⅴ	0.085	↑
		DO	1.3	劣Ⅴ	2.6	Ⅴ		◇
环山河	沿山桥	COD _{Mn}	6.5	Ⅳ	6.3	Ⅳ	0.058	↓
		BOD ₅	3.9	Ⅲ	5.1	Ⅳ	0.027	↑
		NH ₃ -N	3.42	劣Ⅴ	2.08	劣Ⅴ	0.026	↓
		DO	3.1	Ⅳ	3.8	Ⅳ	0.049	↑
黄昌河	秦望桥	COD _{Mn}	6.7	Ⅳ	7.2	Ⅳ	0.067	↓
		BOD ₅	5.1	Ⅳ	5.8	Ⅳ	0.058	↑
		NH ₃ -N	3.11	劣Ⅴ	2.65	劣Ⅴ	0.049	↓
		DO	3.5	Ⅳ	3.7	Ⅳ	0.897	☆
黄山港	秦泾桥	COD _{Mn}	4.9	Ⅲ	4.9	Ⅲ	0.041	↓
		BOD ₅	4.5	Ⅳ	3.8	Ⅲ	0.012	↓
		NH ₃ -N	2.78	劣Ⅴ	3.1	劣Ⅴ	0.013	↓
		DO	4.4	Ⅳ	7.4	Ⅱ	0.004	↑↑
界河	马公桥	COD _{Mn}	5.5	Ⅲ	6.3	Ⅳ	0.069	↑
		BOD ₅	3.9	Ⅲ	4.9	Ⅳ	0.024	↑
		NH ₃ -N	0.91	Ⅲ	1.77	Ⅴ	0.052	↑
		DO	6.8	Ⅱ	6.3	Ⅱ	0.069	↑
利港	利港桥	COD _{Mn}	4.8	Ⅲ	4.3	Ⅲ	0.028	↓
		BOD ₅	3.5	Ⅲ	3.1	Ⅲ	0.038	↓
		NH ₃ -N	1.54	Ⅴ	1.89	Ⅴ	0.021	↓
		DO	6.5	Ⅱ	5.7	Ⅲ	0.062	↓

续表 2

河流 (湖库)	断面	参数	2006		2011		显著性 水平(α)	趋势分 析结论
			年均值	水质类别	年均值	水质类别		
青祝河	祝塘桥	COD _{Mn}	9	Ⅳ	9.1	Ⅳ	0.033	↓
		BOD ₅	6.4	V	7.7	V	0.033	↓
		NH ₃ -N	3.6	劣 V	2.04	劣 V	0.097	↓
		DO	3.2	Ⅳ	4.2	Ⅳ	0.078	↑
申港	申港桥	COD _{Mn}	9.9	Ⅳ	4.3	Ⅲ	0.049	↓
		BOD ₅	6	Ⅳ	3.2	Ⅲ	0.027	↓
		NH ₃ -N	4.4	劣 V	1.74	V	0.051	↓
		DO	4.7	Ⅳ	6.3	Ⅱ	0.021	↑
桃花港	璜土镇北	COD _{Mn}	5.2	Ⅲ	4	Ⅱ	0.067	↓
		BOD ₅	4.7	Ⅳ	2.9	Ⅱ	0.021	↓
		NH ₃ -N	2.65	劣 V	0.98	Ⅲ	0.097	↓
		DO	4.9	Ⅳ	6.3	Ⅱ	0.013	↑
西横河	澄东桥	COD _{Mn}	7.8	Ⅳ	11.1	V	0.063	↓
		BOD ₅	5	Ⅳ	9.8	V	0.055	↑
		NH ₃ -N	3.18	劣 V	2.09	劣 V	0.040	↓
		DO	3.2	Ⅳ	4.4	Ⅳ	0.040	↑
锡澄运河	青阳	COD _{Mn}	8.8	Ⅳ	6.2	Ⅳ	0.020	↓
		BOD ₅	5.4	Ⅳ	5	Ⅳ	0.057	↓
		NH ₃ -N	4.14	劣 V	2.12	劣 V	0.019	↓
		DO	4.9	Ⅳ	5.7	Ⅲ	0.031	↑
锡澄运河	西门大桥	COD _{Mn}	5.8	Ⅲ	4.7	Ⅲ	0.021	↓
		BOD ₅	3.7	Ⅲ	3.3	Ⅲ	0.058	↓
		NH ₃ -N	2.86	劣 V	2.34	劣 V	0.041	↓
		DO	4.1	Ⅳ	5.4	Ⅲ	0.067	↑
新沟河	新沟桥	COD _{Mn}	5.4	Ⅲ	6.2	Ⅳ	0.044	↑
		BOD ₅	4.3	Ⅳ	5	Ⅳ	0.092	↑
		NH ₃ -N	2.06	劣 V	1.6	V	0.062	↓
		DO	5.5	Ⅲ	6	Ⅱ	0.049	↑
新胜河	黄桥	COD _{Mn}	6.3	Ⅳ	6.6	Ⅳ	0.041	↓
		BOD ₅	3.1	Ⅲ	5.4	Ⅳ	0.002	↑↑
		NH ₃ -N	2.44	劣 V	2.2	劣 V	0.021	↓
		DO	3.8	Ⅳ	4	Ⅳ	0.042	↓
新夏港	新夏港桥	COD _{Mn}	4.5	Ⅲ	3	Ⅱ	0.097	↓
		BOD ₅	3	Ⅱ	2	Ⅱ	0.033	↓
		NH ₃ -N	1.67	V	0.55	Ⅲ	0.004	↓↓↓
		DO	5.6	Ⅲ	7.6	I	0.016	↑
应天河	云长桥	COD _{Mn}	5.9	Ⅲ	8.5	Ⅳ	0.058	↑
		BOD ₅	4.3	Ⅳ	7.1	V	0.058	↑
		NH ₃ -N	1.56	V	1.75	V	0.021	↓
		DO	4.9	Ⅳ	5.6	Ⅲ	0.088	↑
张家港	北国	COD _{Mn}	7.5	Ⅳ	6.2	Ⅳ	0.016	↓
		BOD ₅	5.8	Ⅳ	4.8	Ⅳ	0.028	↓
		NH ₃ -N	2.54	劣 V	2.26	劣 V	0.055	↓
		DO	2.7	V	4.1	Ⅳ	0.093	↑

续表 2

河流 (湖库)	断面	参数	2006		2011		显著性 水平(α)	趋势分 析结论
			年均值	水质类别	年均值	水质类别		
张家港	周庄大桥	COD _{Mn}	8.5	Ⅳ	7.4	Ⅳ	0.041	↓
		BOD ₅	6.5	Ⅴ	6	Ⅳ	0.049	↓
		NH ₃ -N	2.41	劣Ⅴ	2.11	劣Ⅴ	0.049	↓
		DO	2.2	Ⅴ	3	Ⅳ	0.049	↑
长江	大河港闸	COD _{Mn}	2.6	Ⅱ	2.9	Ⅱ	0.092	↑
		BOD ₅	2.2	Ⅱ	1.9	Ⅱ	0.011	↓
		NH ₃ -N	0.43	Ⅱ	0.29	Ⅱ	0.039	↓
		DO	7.3	Ⅱ	8	Ⅰ	0.011	↑
长江	定波闸	COD _{Mn}	2.7	Ⅱ	2.6	Ⅱ	0.038	↑
		BOD ₅	2.2	Ⅱ	1.7	Ⅱ	0.014	↓
		NH ₃ -N	0.42	Ⅱ	0.28	Ⅱ	0.014	↓
		DO	7.6	Ⅰ	8.1	Ⅰ	0.015	↑
长江	利港闸	COD _{Mn}	2.7	Ⅱ	2.9	Ⅱ	0.033	↑
		BOD ₅	2.2	Ⅱ	1.9	Ⅱ	0.016	↓
		NH ₃ -N	0.47	Ⅱ	0.28	Ⅱ	0.031	↓
		DO	7.7	Ⅰ	8	Ⅰ	0.039	↑
长江	区域水厂	COD _{Mn}	2.7	Ⅱ	2.6	Ⅱ	0.079	↓
		BOD ₅			1.7	Ⅱ		◇
		NH ₃ -N	0.18	Ⅱ	0.26	Ⅱ	0.060	↑
		DO	8.6	Ⅰ	8.5	Ⅰ	0.019	↑
长江	肖山	COD _{Mn}	2.5	Ⅱ	2.6	Ⅱ	0.038	↑
		BOD ₅	2.1	Ⅱ	1.7	Ⅱ	0.011	↓
		NH ₃ -N	0.38	Ⅱ	0.25	Ⅱ	0.024	↓
		DO	7.5	Ⅰ	8.4	Ⅰ	0.023	↑
长江	小湾水厂	COD _{Mn}	3	Ⅱ	2.7	Ⅱ	0.072	↓
		BOD ₅			1.6	Ⅱ		◇
		NH ₃ -N	0.24	Ⅱ	0.27	Ⅱ	0.079	↑
		DO	8.4	Ⅰ	8.5	Ⅰ	0.072	↑
长寿河	长寿大桥	COD _{Mn}	10.8	Ⅴ	7	Ⅳ	0.097	↓
		BOD ₅	8.6	Ⅴ	5.4	Ⅳ	0.016	↓
		NH ₃ -N	1.96	Ⅴ	1.97	Ⅴ	0.049	↓
		DO	3.2	Ⅳ	4.1	Ⅳ	0.078	↑
祝塘河	文林桥	COD _{Mn}	7.7	Ⅳ	9.3	Ⅳ	0.016	↓
		BOD ₅	5.5	Ⅳ	7.9	Ⅴ	0.088	↑
		NH ₃ -N	2.06	劣Ⅴ	2.37	劣Ⅴ	0.067	↑
		DO	5.1	Ⅲ	4.6	Ⅳ	0.058	↓

注：“↑”显著上升趋势；“↑↑”高度显著上升趋势；“↓”显著下降趋势；“↓↓”高度显著下降趋势；“☆”无明显变化趋势；“◇”资料不全。

(1)高锰酸盐指数(COD_{Mn})。监测资料完整的监测断面 42 个。其中,9 个断面的 COD_{Mn} 浓度呈上升趋势,占 21% ;33 个断面的 COD_{Mn} 浓度呈下降趋势,占 79% ;没有无变化趋势断面。总的来说,COD_{Mn} 浓度呈上升趋势的断面数少于呈下降趋势断面数,江阴市 COD_{Mn} 质量呈好转趋势。2011 与 2006

年相比较,水质为Ⅱ类、Ⅲ类的断面数有所增加,水质为Ⅳ类、Ⅴ类的断面数有所减少。

(2)五日生化需氧量(BOD₅)。监测资料完整的监测断面 40 个。其中,14 个断面呈上升趋势,占 35% ;26 个断面呈下降趋势,占 65% ;没有无变化趋势断面。总的来说,BOD₅ 浓度呈上升趋势的断面

数少于呈下降趋势断面数,江阴市 BOD_5 质量呈好转趋势。2011 与 2006 年相比较,水质为Ⅱ类、Ⅴ类的断面数有所增加,水质为Ⅲ类的断面数不变,水质为Ⅳ类、劣Ⅴ类的断面数有所减少。

(3)氨氮(NH_3-N)。监测资料完整的监测断面 42 个。其中,9 个断面呈上升趋势,占 21%;31 个断面呈下降趋势,占 74%;无变化趋势断面 2 个,占 5%;有变化趋势的断面 40 个,占 95 %。总的来说,呈上升趋势断面数少于呈下降趋势断面数,江阴市 NH_3-N 质量呈好转趋势。2011 年与 2006 年相比较,水质为Ⅱ类的断面数不变,水质为Ⅲ类、Ⅴ类的断面数有所增加,水质为Ⅳ类、劣Ⅴ类的断面数有所减少。

(4)溶解氧(DO)。监测资料完整的监测断面 40 个。其中,33 个断面呈上升趋势,占 83%;5 个断面呈下降趋势,占 13%;无变化趋势断面 2 个,占 5%;有变化趋势的断面 40 个,占 95%。总的来说,呈上升趋势的断面数多于呈下降趋势的断面数,江阴市 DO 质量呈好转趋势。2011 年与 2006 年相比较,水质为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类的断面数有所增加,水质为Ⅴ类、劣Ⅴ类的断面数有所减少。

(5)总体评价。根据表 2 的检验结果,对各河流湖泊的水质变化趋势分析检测断面进行统计,结果见表 3,结合统计结果对江阴市主要河流湖泊的水质变化趋势进行分析。

表 3 江阴市水质变化趋势分析断面统计

项目	总断面数	上升断面		下降断面		无趋势断面	
		断面数	%	断面数	%	断面数	%
COD_{Mn}	42	9	21	33	79	0	0
BOD_5	40	14	35	26	65	0	0
NH_3-N	42	9	21	31	74	2	5
DO	40	33	83	5	13	2	5

2006 年以来,江阴市主要污染指标 COD_{Mn} 、 BOD_5 、 NH_3-N ,呈下降趋势断面多于上升趋势断面;DO 指标呈上升趋势断面多于呈下降趋势断面。江阴市地表水水资源质量总体状况呈好转趋势。

4 结 语

为全面掌握江阴市地表水资源质量状况,及时了解江阴市水质变化动态,分析境内地表水水质变化趋势,增强管理工作的科学性、预见性,为江阴市水环境管理和环境综合决策提供科学依据,本文采用季节性肯达尔检验法,对 2006 - 2011 年江阴市主要地表水水质变化趋势进行了分析检验。结果表明,2006 - 2011 年,江阴市 COD_{Mn} 、 BOD_5 、 NH_3-N 的浓度呈下降趋势,DO 浓度呈上升趋势,评价为Ⅱ类、Ⅲ类的断面数有所增加,评价为Ⅳ类、Ⅴ类、劣Ⅴ类的断面数有所减少,总体水质变化呈好转趋势,水体污染已有所减轻,污染治理工作已取得一定成效。

参考文献:

[1] 王淑香. 用肯德尔检验法对唐山市河流水质趋势进行分析[J]. 水资源保护,1998,14(3):30-34.

[2] 陆勤,杨芹伟. 用肯达尔检验法对浦东新区主要河流水质变化趋势的分析[J]. 上海水务,2002,18(4):36-38.

[3] 李向婷,李江,肖锋,等. 2000-2008 年邗海公园水质变化趋势[J]. 江苏农业科学,2010(5):482-483.

[4] 鞠伟,郝达平. 淮安市地表水水质变化趋势分析[J]. 水资源保护,2011,27(4):35-37+94.

[5] 毕胜,宋宏娟. 乌鲁木齐水磨河水质变化趋势分析[J]. 中国西部科技,2008,7(27):50-51.

[6] 吴师,王嵩嵘. 安徽省地表水水质变化趋势分析[J]. 水资源保护,2006,22(5):74-76+83.

[7] 毕胜,宋宏娟. 乌鲁木齐水磨河水质变化趋势分析[J]. 中国西部科技,2008,7(27):50-51.

[8] Hirsch R M, Slack J R. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence[J]. Water Resources Research,1984,20(6):727-732.

[9] 张伟,闫敏华,陈泮勤. 松嫩平原近 50 年来生长季降水资源特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(10):73-78.

[10] 李新贤. 新疆主要河流水质变化趋势分析[J]. 干旱区研究,1996,13(1):1-6.