

海宁市地表水水质污染特征分析

刘晓玲, 潘礼斌, 杨慧杰, 沈辉 (海宁市环境保护局, 浙江海宁 314400)

摘要 根据 2008~2012 年海宁市地面水水质指标的监测数据, 采用单因子评价法、综合污染指数法、有机污染综合评价法和 R 型聚类分析法, 对海宁地表水现状进行了评价。结果表明, 海宁地表水的主要污染因子为氨氮、总磷, 其中氨氮为首要污染因子; 近年来, 海宁地表水水质一直处于中度污染状态, 其中 2008~2009 年水质略有好转, 然而近 3 年来却一直小幅波动。各监测指标中, $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 COD_{Mn} 、 COD_{Cr} 与 COD_{Mn} 、TP 与 COD_{Mn} 、 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 呈现明显的相关性。

关键词 海宁市; 水质评价; 单因子评价法; 综合污染指数法; 有机污染综合评价; R 型聚类分析

中图分类号 S271 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)28-11483-03

Analysis of the Characteristics of Surface Water Quality in Haining City

LIU Xiao-ling et al (Haining Municipal Environmental Protection Bureau, Haining, Zhejiang 314400)

Abstract According to the monitoring data of water-quality indexes in Haining during 2008-2012, several methods (single factor evaluation, comprehensive pollution index and comprehensive evaluation of organic pollution) were used to evaluate the water quality in Haining. The results showed that the main pollution factors of Haining surface water were $\text{NH}_3\text{-N}$ and TP, while $\text{NH}_3\text{-N}$ was the primary one; although the water quality improved during 2008-2009, but in the last three years it appeared to be a slight fluctuation. $\text{NH}_3\text{-N}$ and COD_{Mn} had a significantly positive correlation, so did COD_{Cr} and COD_{Mn} , TP and COD_{Mn} , COD_{Cr} and $\text{NH}_3\text{-N}$.

Key words Haining; Water quality evaluation; Single factor assessment method; Comprehensive pollution index method; Comprehensive evaluation of organic pollution; R-type clustering analysis

海宁市位于我国长江三角洲南翼、浙江省北部, 常住人口 80.7 万, 素有“鱼米之乡、丝绸之府、才子之乡、文化之邦、皮革之都”的美誉, 是浙北第一经济强县(市)。然而, 快速发展的经济为海宁地表水带来了大量的氮磷等有机污染物, 生态系统受到严重的威胁。近年来, 关于地表水水质评价的方法日益增多, 如指数评价法、模糊数学法、灰色评价法等^[1]。笔者利用 2008~2012 年海宁市地表水水质指标有效监测数据, 采用单因子评价法、综合污染指数评价法、有机污染综合评价法及 R 型聚类分析法, 对海宁市地表水的水质状况和变

化趋势进行分析和评价。

1 材料与方法

1.1 样品采集与分析 水质监测采样点共设 12 个, 分别为松木漾桥、双喜桥、嘉兴二县渔坝、许村大桥、水泥厂桥、杭申公路桥、货运中转站、回龙桥、友谊桥、由拳桥、农丰桥、丰士水泥厂桥(图 1)。2008~2012 年, 奇数月初采样 1 次, 即每年采样 72 个。监测因子主要有 pH、溶解氧(DO)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、五日生化需氧量(BOD_5)、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、化学需氧量(COD_{Cr})、总磷(TP)等。



图 1 海宁水质监测采样点分布

作者简介 刘晓玲(1984-), 女, 浙江海宁人, 工程师, 硕士, 从事环境监测与治理研究, E-mail: lxl19840826@hotmail.com。
收稿日期 2013-07-27

1.2 单因子评价法^[2-4] 单因子评价法是将某种污染物实测浓度与其评价标准进行比较, 以确定水质类别的方法。一般污染物的单因子污染指数计算公式为:

$$p_i = C_i / S_i \quad (1)$$

式中, p_i 为 i 污染物的单因子污染指数; C_i 、 S_i 分别表示 i 污染物的监测值与标准值。另外, DO 与 pH 污染指数具有不同的计算式。DO 污染指数计算式为:

$$p_{DO} = \begin{cases} \frac{DO_f - DO}{DO_f - DO_s} & DO \geq DO_s \\ 10 - 9 \frac{DO}{DO_s} & DO < DO_s \end{cases} \quad (2)$$

式中, p_{DO} 为 DO 污染指数; DO 为 DO 实测值 (mg/L); DO_s 为 DO 的评价标准限值 (mg/L); DO_f 为某水温、气压条件下的饱和 DO 浓度 (mg/L), 计算公式常采用: $DO_f = 468 / (31.6 + T)$, T 为水温 ($^{\circ}\text{C}$)。pH 污染指数计算式为:

$$p_{pH} = \begin{cases} \frac{7.0 - pH}{7.0 - pH_{sd}} & pH \leq 7.0 \\ \frac{pH - 7.0}{pH_{su} - 7.0} & pH > 7.0 \end{cases} \quad (3)$$

式中, p_{pH} 为 pH 污染指数; pH 为 pH 实测值; pH_{sd} 为评价标准中 pH 的下限值; $pH_{sd} = 6$; pH_{su} 为评价标准中 pH 的上限值, $pH_{su} = 9$ 。

1.3 综合污染指数法^[3-4] 假设各评价因子对流域水质的贡献相同, 故采用均权均值型指数形式, 评价公式为:

$$\omega = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (4)$$

式中, ω 为综合污染指数; P_i 为污染物 i 的单因子污染指数; n 为参与评价的污染因子项数。综合污染程度分级标准为: ≤ 0.20 为清洁, $0.21 \sim 0.40$ 为轻微污染, $0.41 \sim 0.70$ 为轻度污染, $0.71 \sim 1.00$ 为中度污染, $1.01 \sim 2.00$ 为重污染, ≥ 2.0 为严重污染。

1.4 有机污染综合评价法^[5-7] 采用有机污染综合评价法, 对各监测点的水质进行评价, 评价公式为:

$$A = \frac{COD_{Mni}}{COD_{Mno}} + \frac{BOD_{Si}}{BOD_{50}} + \frac{NH_3-N_i}{NH_3-N_o} + \frac{8-DO_i}{8-DO_o} \quad (5)$$

式中, A 为有机污染物综合指数; 分子为污染物实测浓度年均值; 分母为评价标准值。 A 值评价分级标准: $0 \sim 1$ 为良好, $1 \sim 2$ 为一般, $2 \sim 3$ 为开始污染, $3 \sim 4$ 为中等污染, > 4 为严重污染。

2 结果与分析

2.1 海宁市地表水水质污染分析 表 1 为 2008 ~ 2012 年海宁市地表水水质指标监测值。由单因子评价结果可知, 2008 ~ 2012 年海宁市地表水中 NH_3-N 、TP 的达标率低, 其中 NH_3-N 的达标率最低, 只有 26.1%; 而计算方式相同的几种污染物指标中, NH_3-N 、TP 的污染指数较大, 其中 NH_3-N 的污染指数最大, 为 1.498 (表 2)。综合考虑, NH_3-N 、TP 为海宁市地表水主要污染因子, 其中 NH_3-N 为首要污染因子。这可能是由于: 一是人类活动排放到环境中的污染物质引起天然地球化学条件发生改变, 使得污染物质进入水体。二是农业生产中施用的化肥、农药中, 氮肥的使用对水质的影响尤为重要。污水灌溉和化肥的大量使用, 造成土壤中的 NH_3-N 累积, 施入土壤中的 N 素肥料仅有 30% ~ 40% 被植物利用, 约 20% ~ 50% 主要以 NH_3-N 形式随土壤自由水淋溶进入水体, 引起水质恶化。由于氮的硝化作用滞后于化肥的使用, 即化肥的播撒速度比硝化作用速度快, 化肥在包气带发生硝化作用且不能完全被利用, 一旦 NH_4^+-N 进入水体后, 即使在不灌溉的冬季, 氧气也很难进入地下水中, 所以 NH_4^+-N 形成积累, 不易转化。三是固体废物对水环境的污染, 其途径有直接污染和间接污染两种: 前者是把水体作为固体废物的接纳体, 向水体直接倾倒废物, 从而导致水体的直接污染; 而后者是固体废物在堆积过程中, 经过自身分解和雨水淋溶产生的渗透液进入水体造成污染。

由综合污染指数法评价结果可知, 近 5 年来海宁地表水 ω 值为 $0.77 \sim 0.92$, 水质一直处于中度污染状态, 其中 2008 年较为严重, 2009 年略有好转, 然而近 3 年来却一直小幅波动。由有机污染指数法评价结果可知, 2008 年海宁市地表水

表 1 2008 ~ 2012 年海宁市地表水水质指标监测结果

mg/L

年份	pH	DO	COD _{Mn}	BOD ₅	NH ₃ -N	COD _{Cr}	TP
2008	7.352 ± 0.02 b	3.116 ± 0.20 b	7.331 ± 0.24 a	6.202 ± 0.17 b	3.533 ± 0.29 a	29.778 ± 1.05 b	0.419 ± 0.04 a
2009	7.359 ± 0.04 b	3.900 ± 0.25 a	7.033 ± 0.16 ab	6.210 ± 0.15 b	2.766 ± 0.23 b	33.243 ± 1.20 a	0.381 ± 0.03 a
2010	7.324 ± 0.03 b	3.555 ± 0.22 ab	6.134 ± 0.10 d	5.205 ± 0.10 c	2.773 ± 0.18 b	26.090 ± 0.71 c	0.374 ± 0.02 a
2011	7.458 ± 0.03 a	3.575 ± 0.27 ab	6.758 ± 0.14 bc	6.005 ± 0.21 b	3.004 ± 0.24 ab	24.013 ± 0.83 c	0.398 ± 0.03 a
2012	7.395 ± 0.02 ab	3.387 ± 0.19 ab	6.448 ± 0.14 cd	7.185 ± 0.33 a	2.901 ± 0.19 ab	20.283 ± 0.62 d	0.417 ± 0.03 a
标准值	6 ~ 9	2	15	10	2	40	0.4

注: 同一列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表 2 2008 ~ 2012 年海宁市各污染物污染指数及达标率

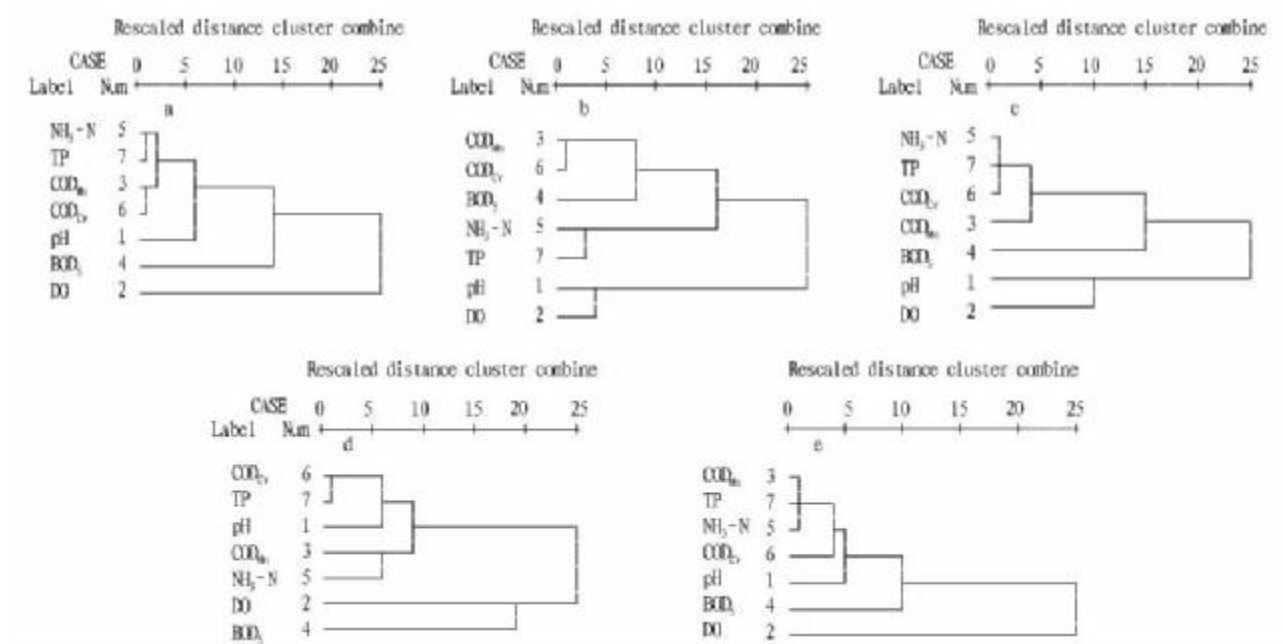
mg/L

年份	pH		DO		COD _{Mn}		BOD ₅		NH ₃ -N		COD _{Cr}		TP		ω 值	A 值
	污染指数	达标率 %	污染指数	达标率 %	污染指数	达标率 %	污染指数	达标率 %	污染指数	达标率 %	污染指数	达标率 %	污染指数	达标率 %		
2008	0.176	100.0	1.628	62.5	0.489	98.6	0.620	100.0	1.767	5.6	0.744	90.3	1.047	77.8	0.92	4.11
2009	0.182	100.0	0.939	93.1	0.469	100.0	0.621	100.0	1.383	37.5	0.831	86.1	0.952	73.6	0.77	3.66
2010	0.163	100.0	1.354	81.9	0.409	100.0	0.520	100.0	1.387	31.9	0.652	95.8	0.935	77.8	0.77	3.45
2011	0.232	100.0	1.151	83.3	0.451	100.0	0.601	100.0	1.502	26.4	0.600	95.8	0.996	70.8	0.79	3.59
2012	0.205	100.0	1.111	87.5	0.430	100.0	0.718	91.7	1.450	29.2	0.507	100.0	1.042	68.1	0.78	3.60
平均值	0.192	100.0	1.236	81.7	0.449	99.7	0.616	98.3	1.498	26.1	0.667	93.6	0.994	73.6		

A 值为 4.11,属于严重污染;2009~2012 年海宁市地表水有机污染综合指数变化范围为 3.45~3.66,处于中度污染状态。其变化趋势与单因子评价法、综合污染指数法的结论基本一致,即 2008 年污染较为严重,2009 年略有好转,然而近 3 年来却一直小幅波动。

2.2 海宁市地表水水质指标的相关性分析 根据 2008~2012 年海宁市地表水水质指标监测数据,用 SPSS15.0 软件对其进行 R 型聚类分析,绘制相关变量的分类树形图(图 2),以探讨海宁各年度水质污染指标中各污染因子之间的相互作用。由图 2 可知,各交界断面水质指标中, $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 COD_{Mn} 、 COD_{Cr} 与 COD_{Mn} 、TP 与 COD_{Mn} 、 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 呈现明显的相关性。高锰酸钾指数常被作为水体受还原性有机和无机物质污染程度的综合指标。一般说来,水体中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度越高,水体所受的有机污染越严重,水体中生物种类相

对减少,多样性指数就会下降。而氨氮浓度偏高也是导致水体富营养化的原因。因此, $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 COD_{Mn} 呈明显的正相关性,可能是由于农业生产中的农药残留使得水体污染加重^[8]。同时, COD_{Cr} 与 COD_{Mn} 有非常显著的相关性,说明各个河流的水质条件虽各不相同,但其水中还原性物质包括有机污染物和亚硝酸盐、硫化物、亚铁盐等无机物成分的差异性并不显著,水体成分目前相对比较稳定。从监测结果来看,地表水的主要污染物为总磷、氨氮,TP 与 COD_{Mn} 、 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 显著相关,表现为有机污染的特征。这可能是由于近 3 年来海宁虽然加大了工业污水治理力度,但农村、城市生产生活废水产生量不断增加,地表各水域流经广大农村和诸多城镇,使其接纳的生活污水日益增加,沿河城镇排污、治污设施建设滞后,生活污水处理率比较落后,因此对水质造成一定影响。



注:a. 2008 年;b. 2009 年;c. 2010 年;d. 2011 年;e. 2012 年。

图 2 2008~2012 年海宁市地表水水质指标 7 个变量的分类树形图

3 结论

(1)通过单因子评价法分析,表明 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 为海宁市地表水主要污染因子,其中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为首要污染因子。5 年来 TP 指标一直未得到有效改善,已成为提升海宁水质的瓶颈。

(2)通过综合污染指数法和有机污染综合评价法分析,发现 2008~2012 年海宁地表水水质基本上处于中度污染状态,其中 2008 年较为严重,2009 年略有好转,然而近 3 年来却一直小幅波动。

(3)通过 R 型聚类分析可知, $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 COD_{Mn} 、 COD_{Cr} 与 COD_{Mn} 、TP 与 COD_{Mn} 、 COD_{Cr} 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 呈现明显的相关性。各个河流的水质条件虽各不相同,但水体成分目前相对比较稳定。农村、城市生产生活废水产生量不断增加及农业生产中的农药残留是海宁水体污染的主要原因。

参考文献

- [1] 薛巧英. 水环境质量评价方法的比较分析[J]. 环境保护科学, 2004, 30(4): 64-67.
- [2] 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.
- [3] 陈润羊, 花明, 涂安国, 等. 长江流域水质评价的几种方法[J]. 东华理工大学学报, 2008, 31(2): 146-151.
- [4] LIU X P, LI G F, LIU Z G, et al. Water pollution characteristics and assessment of lower reaches in Haihe River basin [J]. Procedia Environmental Sciences, 2010(2): 199-206.
- [5] 王利佳, 单中超, 赵大顺, 等. 浑河(抚顺市区主断面)水质有机污染变化分析[J]. 环境保护科学, 2003, 29(2): 13-15.
- [6] 周世嘉, 马溪平, 徐成斌, 等. 浑河抚顺段水质有机污染调查及评价[J]. 环境保护与循环经济, 2009(9): 59-60.
- [7] 张雄鹰, 邵世翠, 谢莹. 宜昌市黄柏河水源水质动态监测分析[J]. 水资源保护, 2002(1): 60-63.
- [8] 孙彭力, 王慧君. 氮素化肥的环境污染[J]. 环境污染与防治, 1995, 17(1): 38-41.