

文章编号: 1003-7578(2009)09-169-04

渭河陕西段水质评价及变化趋势分析<sup>\*</sup>周璐红<sup>1</sup>, 刘秀花<sup>1,2</sup>

(1 长安大学, 西安 710054 2 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002)

**摘要:** 根据 1997~2005 年渭河陕西段 3 个断面的水体监测资料, 采用超标倍数法和模糊综合评价法分别对 1997~2005 年 3 个断面的水质状况进行综合评价, 接着运用秩相关系数法对 3 断面的水质在时间上的变化趋势进行定量分析。结果表明: 在时间上, 渭河陕西段的污染情况呈上升趋势, 且有些污染物急剧上升; 在空间上, 咸阳公路桥断面污染最严重, 渭南华县次之, 而且两个地区的水质均已超过了三类水的标准, 而宝鸡林家村断面的水质情况最好, 基本上属于三类水。

**关键词:** 模糊综合评价; 秩相关系数; 评价; 变化趋势; 渭河陕西段

**中图分类号:** X824

**文献标识码:** A

渭河是关中南北两山产流的排泄通道, 也是关中地下水的重要补给源, 是关中工农业生产和城市生活的生命线。渭河在宝鸡入陕西境内, 在潼关入黄河, 在陕西境内河流长 502.2 km, 流域面积 6.71 万 km<sup>2</sup>, 占全省总面积的三分之一, 聚集了全省 64% 的人口、56% 的耕地、80% 的生产总值, 渭河陕西段多年平均径流量为 53.8 亿 m<sup>3</sup>。但随着关中经济持续增长, 尤其是乡镇企业的发展和城镇人口的增加, 渭河遭受了严重污染, 至上世纪 90 年代中后期, 污染达到顶峰。由于长期接受工业废水、生活污水和过量使用化肥造成的水污染, 使得渭河陕西段基本丧失其生态功能, 并且造成沿途一些重要城镇和工业区的地下水污染问题也日趋突出。按国家对地表水水质标准要求, 渭河应不超过 4 类(现改为 5 类), 但渭河 13 个监控断面中, 除对照断面外, 均为 V 类或超 V 类水, 其中 78% 的断面超 V 类标准; 多年的监测数据表明重金属离子浓度均符合 I、II 类水质标准, 而生化需氧量、高锰酸盐和氨氮等是主要的污染物。

据 2005 年统计, 排入渭河的 COD 达到 27.92 万 t。渭河污染来源于工业废水、城镇生活污水和垃圾、化肥使用造成的污染, 其中工业废水和城镇生活污水是最严重的两大污染源。据统计, 2005 年渭河流域的工业废水排放量约 3.75 亿 t, COD 排放量约 13.83 万 t; 生活污水排放量约 2.94 亿 t, COD 约 14.09 万 t<sup>[2]</sup>。

## 1 系列水质现状评价

近年来, 国内外用于水质综合评价的方法很多, 有 BP 网络法<sup>[3,4]</sup>、灰色关联分析<sup>[5]</sup>、物元模型法<sup>[6]</sup>等。文中根据渭河陕西段水质监测资料, 考虑到流域内地理环境因素及社会经济发展带来的人为影响, 根据各个指标的超标率, 选取高锰酸盐指数、氨氮、挥发酚、BOD<sub>5</sub> 和溶解氧等五个水质指标, 用超标倍数法和模糊综合评价法对 1997~2005 年渭河陕西段水质状况进行评价, 标准采用《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 标准值。

### 1.1 评价方法

#### 1.1.1 确定评价因子

超标倍数法是依据污染超标倍数判别水体污染程度的一种方法, 是评价指标的实测值与最高允许标准值的差与最高允许标准值的比值。选择超标倍数较大的评价指标能够更清晰的评价水体的质量。

\* 收稿日期: 2008-12-16

基金项目: 陕西省自然科学基金项目(2006D16)资助。

作者简介: 周璐红(1975-), 女, 讲师, 博士研究生, 研究方向为国土与环境整治研究。

E-mail: zylzh@cau.edu.cn

### 1.1.2 评价方法

采用模糊综合评价法<sup>[7-9]</sup>,把污染物超标值、水质质量分级标准、污染物在总体污染中的贡献等几个方面联系在一起。其一般步骤如下<sup>[10]</sup>:

(1)建立评价对象的因素集  $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ , 用其来参与评价  $n$  个污染因子的实际测定浓度;

(2)建立模糊关系矩阵  $R$ ,  $R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$  (1)

(3)建立权重模糊矩阵  $A$  即:  $A = (\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n)$  (2)

(4)计算模糊综合评价结果  $B$

$B = A \times R = (W_1, W_2, \dots, W_n) \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_m)$  (3)

即:  $B = AOR$  (4)

式中:  $A$  为各污染因子对环境的贡献;  $R$  为模糊关系矩阵。

### 1.2 评价结果分析

为了全面反映渭河陕西段水质变化的现状,根据上述方法分别从时间和空间上对三个断面 1997~2005 年水质进行综合评价。由于将每年的数据进行计算较为繁琐,为了保证结果能够在年际的连续性变化,故分别选取了三个断面 1997 年、1999 年、2001 年、2003 年、2005 年 5 年的污染指标实测值进行处理,其中宝鸡林家村断面 1997 年数据缺失,采用 1998 年数据(表 1)。

从 1997 年与 2005 年水质分析结果可以看出:

在所选三个检测断面中,宝鸡林家村断面水质较好,除 2003 年为 III 级水,其他年份均为 I 级水和 II 级水。只有在 2003 年出现污染指标超标现象,污染指标为氨氮,年均浓度为 1.568mg/L,超标倍数为 0.568

咸阳公路桥断面水质很差,九年都为 V 类,1997 年到 2005 年每年都有污染指标超标现象,其中氨氮, BOD<sub>5</sub> 超标较为严重。

渭南华县断面水质也很差,九年都为 V 类,1997 年到 2005 年每年都有污染指标超标现象,其中氨氮, BOD<sub>5</sub> 超标较为严重。

评价结果得出咸阳公路桥断面和渭南华县断面水质都为 V 级,但这两地的污染程度有很大不同,尤其是污染指标超标倍数,二者差异(图 1 至图 4)。

由图 1—4 四个污染指标超标倍数折线图可以明显看出:九年来咸阳公路桥断面和渭南华县断面氨氮的污染程度接近,但高锰酸盐、BOD<sub>5</sub>、挥发酚的污染程度咸阳公路桥断面远远高于渭南华县断面,所以虽然这两个断面的水质都为 V 级,但咸阳公路桥断面的水质更差一些。

## 2 水质变化趋势分析

为了了解渭河陕西段水质污染状况分析,通过对 1997 年到 2005 年的水质监测数据的年平均值的时间分析和空间分析,得到渭河陕西段的水质在时间上和空间上的变化趋势。

### 2.1 分析方法<sup>[11-13]</sup>

水质在时间上的变化趋势的定量分析方法,秩相关系数法是衡量环境污染变化趋势在统计上是否有显著性的最常用的方法,利用 Danie 的趋势检验,以 Spearman 秩相关系数来衡量监测周期的年均浓度值的

表 1 各断面 1997~2005 年水质评价结果

Tab 1 Water quality evaluation results in three segments, 1997~2005

断面	年份	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
宝鸡林家村	1997	0.427	0.572	0	0	
	1999	0.164	0.836	0	0	
	2001	0.502	0.498	0	0	
	2003	0.135	0.393	0.396	0.063	
	2005	0.699	0.241	0.060	0	
咸阳公路桥	1997	0	0.024	0.110	0.234	0.554
	1999	0.06	0.048	0.092	0.216	0.583
	2001	0	0	0.024	0.041	0.935
	2003	0	0	0.035	0.131	0.833
	2005	0	0.024	0.110	0.234	0.554
渭南华县	1997	0.3	0.034	0.203	0.094	0.37
	1999	0.046	0.09	0.074	0.016	0.774
	2001	0	0.082	0.109	0.038	0.772
	2003	0.036	0.083	0.054	0.049	0.763
	2005	0	0	0.005	0.196	0.799

数据缺失

污染变化趋势, 其秩相关系数按下式计算:

$$r_s = 1 - (6 \sum_{i=1}^N d_i^2) / (N^3 - N) \quad (5) \quad d_i = X_i - Y_i \quad (6)$$

式中:  $d_i$  为变量  $X_i$  和  $Y_i$  的差值;  $X_i$  为周期 到周期  $N$  按浓度值从小到大排列的序号;  $Y_i$  为按时间排列的序号;  $N$  为年份。

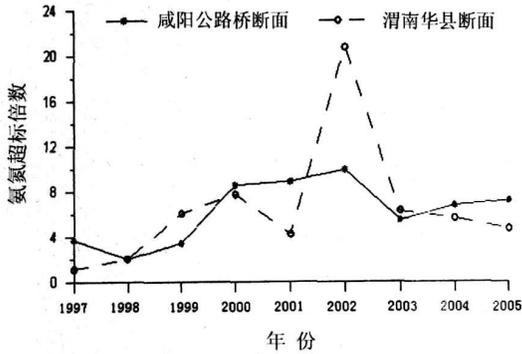


图 1 断面水质氨氮超标倍数年际变化图  
Fig 1 Annual change of ammonia-nitrogen super-standard multiple in segments

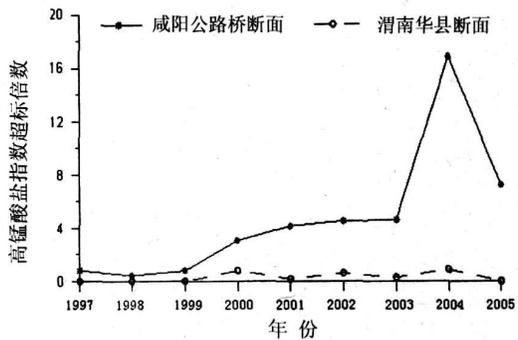


图 2 断面水质高锰酸盐指数超标倍数年际变化图  
Fig 2 Annual change of COD super-standard multiple in segments

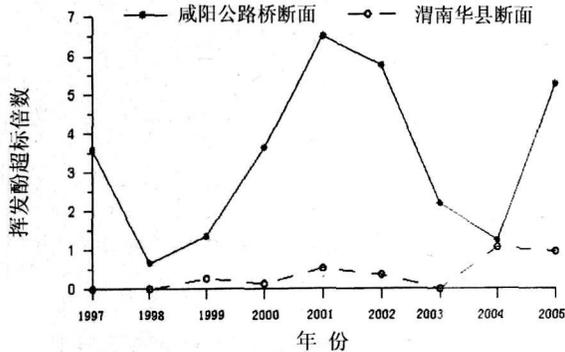


图 3 断面水质挥发酚超标倍数年际变化图  
Fig 3 Annual change of volatile phenol super-standard multiple in segments

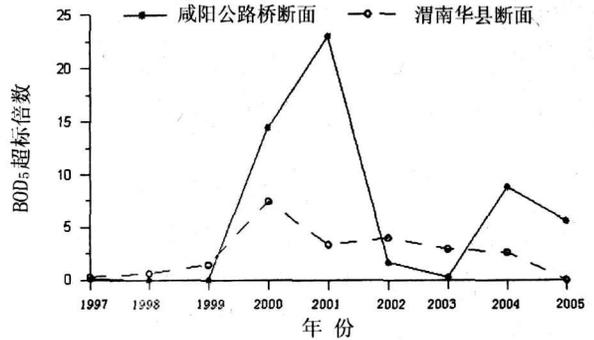


图 4 断面水质 BOD<sub>5</sub> 超标倍数年际变化图  
Fig 4 Annual change of BOD<sub>5</sub> super-standard multiple in segments

将秩相关系数  $r_s$  的绝对值同秩相关系数统计表中的临界值进行比较。如果  $|r_s| \geq W_r$  (95% 的可信度), 则表明变化趋势有显著意义, 如果  $r_s$  是负值, 则表明为下降趋势, 反之则为上升趋势。当  $N=5$  时,  $W_r=0.900$ ;  $N=6$  时,  $W_r=0.829$ ;  $N=7$  时,  $W_r=0.714$ ;  $N=8$  时,  $W_r=0.643$ ;  $N=9$  时,  $W_r=0.600$ 。

## 2.2 计算结果及分析

对 1997~2005 年三个断面在各年的污染物进行分析, 通过计算得到结果 (表 2)。

从表 2 可以看出, 1997~2005 年, 渭河陕西段水质的变化趋势为: 高锰酸钾、氨氮、BOD<sub>5</sub> 均呈不显著上升趋势, 挥发酚呈明显上升趋势, 溶解氧呈下降趋势。

表 2 三断面 1997~2005 年主要污染物秩相关系数

Tab 2 Primary contaminations correlation coefficient in three segments 1997~2005

断面	高锰酸钾	氨氮	溶解氧	挥发酚	BOD <sub>5</sub>
林家村	0 (0.643)	0.91 (0.643)	0.05 (0.643)	-0.02 (0)	缺失
咸阳公路桥	0.89 (0.600)	0.5 (0.600)	-0.88 (0.600)	0.25 (0.600)	0.5 (0.600)
渭南华县	0.76 (0.643)	0.4 (0.600)	-0.82 (0.600)	0.78 (0.600)	0.4 (0.643)

注: () 中值为临界值

### 3 结论

对渭河陕西段的 3 个断面水质的评价和主要污染物的趋势分析表明:

在时间上,渭河陕西段的 3 个断面:宝鸡林家村断面、咸阳公路桥断面和渭南华县断面的污染成正比的指标—高锰酸盐指数、BOD<sub>5</sub>、氨氮、挥发酚这几个监测指标的变化趋势基本上是上升的,而与污染成反比的指标—溶解氧基本上是下降的。换言之,渭河陕西段的污染情况呈上升趋势,且有些污染物急剧上升。

在空间上,渭河陕西段的 3 个断面中,除了个别年份,大多数年与污染成正比的指标—高锰酸盐指数、BOD<sub>5</sub>、氨氮、挥发酚在选定的 3 个断面上的浓度情况是:咸阳公路桥断面的最高,渭南华县断面的次之,宝鸡林家村断面的最低。而与污染成反比的指标—溶解氧在选定的 3 个断面上的浓度情况是:宝鸡林家村断面最高,渭南华县断面次之,咸阳公路桥断面最低。

总之,渭河陕西段的污染在逐年加重。在河流流过的各个区域中,咸阳污染最严重,渭南次之,而且两个地区的水质均已超过了三类水的标准。而宝鸡的水质情况最好,基本上属于三类水。

### 参考文献

- [1] 刘秀花, 黄兴国, 周春华. 渭河陕西段水环境污染历时分析研究[J]. 水资源保护, 2005, 21(5): 70—72
- [2] 三秦都市报. 渭河到达渭南变成污水沟西安污染最严重[EB/OL]. <http://xi'an.qq.com/a/20061024/000003.htm>
- [3] 胡晋. 于 EXCEL 的 BP 网络法在水质评价中的应用[J]. 环境监测管理与技术, 2005, 17(3): 18—21
- [4] 秦传玉, 赵勇胜, 等. 基于 BP 神经网络的齐齐哈尔地区地下水水质评价[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(2): 15—18
- [5] 吴业文, 戈建民, 黄奕龙. 应用灰色关联分析进行城市地表水环境质量评价[J]. 世界地质, 2000, 19(1): 53—56, 65
- [6] 朱继业, 窦贻俭, 方红松. 动态系统物元模型在综合水质预报中的研究和应用[J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(2): 51—53
- [7] 李扎泳. 环境质量评价原理与方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [8] 付雁鹏. 模糊数学在水质评价中的应用[M]. 武汉: 华中工学院出版社, 1986.
- [9] 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
- [10] 许顺国, 牟瑞芳, 张雪梅. 模糊数学综合评判法在水质评价中的应用—以成都市府河为例[J]. 唐山师范学院学报, 2007, 29(3): 68—70
- [11] 吴忠勇. 环境监测学概论[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 1987.
- [12] 张成甫, 朱杰, 付永胜, 等. 九寨沟县水质现状评价及水环境容量分析[J]. 西华大学学报·自然科学版, 2007, 26(3): 54—57
- [13] 张晓兰. 基于可拓工程方法的地表水环境质量评价研究[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2007, 22(1): 119—122

## Water quality evaluation and transform trend of Weihe River at Shaanxi section

ZHOU Luhong<sup>1</sup>, LU Xihua<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Chang'an University, Xi'an 710054, P. R. China

<sup>2</sup> State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, P. R. China

**Abstract:** Using fuzzy synthetic evaluation method and super-standard multiple method to evaluate the water quality of Shaanxi section of Weihe River based on the observation data of three river segments during 1997—2005. Then, using rank correlation coefficient method to quantitatively analyze the water quality transform trend of the three segments. The result showed that the pollution trend of Shaanxi section of Weihe river was ascending, some contaminants' concentration ascended intensively, the Xianyang Road Bridge segment was the most serious one, and then was the Weinan Hua county, the water quality of both two region were exceed the third class water standard, the water quality of Baoji Linjia village segment was better than foregoing segments, could be vested in third class water.

**Key words:** fuzzy synthetic evaluation; rank correlation coefficient; evaluate; transform trend; Shaanxi section of Weihe River