

漕河水质的现状评价

许佩瑶¹, 陈春超²

(1. 华北电力大学环境科学与工程学院 河北 保定 071003; 2. 河北省邯郸环保局 河北 邯郸 056000)

摘要 采用综合指数法和灰色聚类法对漕河某河段的水环境进行水质评价。根据污水水质的特点,布设水质监测点,对污染源、水文地质等进行综合调查。选择主要的因子进行河水质量现状评价,用两种方法评价的结果大致相同,综合指数法在此更符合实际。河水的主要污染成分为 COD 和总汞。

关键词 综合指数法;灰色聚类法;地表水;水质评价;漕河

中图分类号:X824 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2005)06-0069-03

Assessment on the water quality of Caohe River

XU Pei-yao¹, CHEN Chun-chao²

(1. School of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China; 2. Hebei Handan Environmental Protection Bureau, Handan 056000, China)

Abstract Synthetic index method and grey clustering method were adopted to assess the water quality of one reach of the Caohe River. The monitoring sites of water quality were arranged according to the water quality characteristics of wastewater, and the pollution sources and hydrogeology were investigated comprehensively. Based on the water quality assessment on main factors selected, it is concluded that the results of the two methods are almost the same, but the result from synthetic index method is more suitable and correct. The main pollutant indexes in the river are COD and total Hg.

Key words synthetic index method; grey clustering method; surface water; water quality assessment; Caohe River

目前,水环境现状评价的方法有很多,如综合指数法、模糊数学综合评判法、灰色聚类评价法、数理统计法等。尽管这些方法大致都能够较精确地得出符合实际的结果,但从数学原理上讲,各种评价方法都有其固有的缺陷,所以实际应用中,针对水环境的评价目的,应该利用不同方法同时进行评价,以得出较为合理的评价结果。本文采用了综合指数法和灰色聚类评价法同时对漕河的水环境进行水质评价^[1]。

1 水质监测点的布设

漕河从其上游岗头村南纸厂起,至下游北楼村东北角取水样点止,河流径流总长 19.65 km。对漕河大册营至西庄段河水进行污染源、水文地质等进行综合调查,从上游至下游依次设立 13 个河水水质监测断点(如图 1),图中 2 为污水全部汇入后的第

一个监测点,图中 9 为西庄反漏斗中心处,取此两处的河水水样进行全分析,其余水样进行简分析,分析结果见表 1。

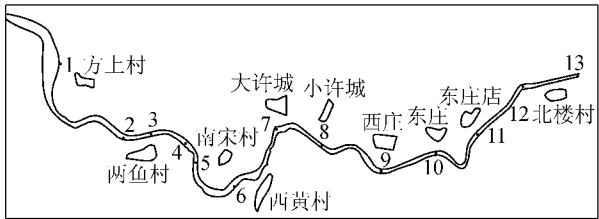


图 1 水质监测点的布设

2 河水质量现状评价

2.1 评价标准

此次评价 2001 年漕河的水质,以 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》和 GB 5749—85《生活饮

作者简介:许佩瑶(1965—),女,河北保定人,博士研究生,主要研究方向为水与废水处理.E-mail: xupeiyaoyao@163.com

表 1 河水水样主要污染物质量浓度										mg/L
监测点	总硬度	$\rho(\text{SS})$	$\rho(\text{DO})$	$\rho(\text{Cl}^-)$	$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{Cr}^{6+})$	$\rho(\text{Hg})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{NO}_3^-\text{-N})$	$\rho(\text{NO}_2^-\text{-N})$
1	305.55	364	12.75	77.08	224.28	0.090	0.025	9.25	2.69	1.30
2	401.03	572	10.81	137.36	379.14	0.195	0.030	16.13	0.00	0.53
3	348.52	538	7.35	148.23	283.02	0.070	0.025	14.50	0.33	0.16
4	353.29	354	7.35	128.47	229.62	0.125	0.020	17.63	0.10	0.39
5	349.47	468	9.30	130.44	331.08	0.100	0.033	14.75	1.36	0.37
6	366.66	380	11.24	168.98	176.22	0.075	0.030	14.50	0.93	0.44
7	357.11	396	13.62	145.26	218.94	0.065	0.025	14.75	0.85	0.21
8	357.11	354	16.87	142.31	144.18	0.065	0.020	14.25	0.23	0.28
9	359.02	524	3.03	154.16	315.06	0.049	0.060	20.25	0.22	0.18
10	353.29	458	12.76	153.17	138.84	0.047	0.018	15.38	0.00	0.38
11	351.38	394	11.89	130.44	138.84	0.050	0.023	15.00	0.10	0.30
12	353.29	428	10.38	154.16	117.48	0.070	0.020	15.38	0.00	0.34
13	351.38	588	11.24	154.16	96.12	0.042	0.030	15.50	0.30	0.21

用水卫生标准》为评价标准进行评价。在现状调查期间 ,河段上游干涸 ,无河水流入 ,河段内河水全为排放污水 ,无养殖、娱乐、生活、工农业用水等利用价值 ,故评价标准采用 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅴ级标准(表 2)。

表 2 地面水环境质量标准(Ⅴ级)							mg/L
$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{DO})$	$\rho(\text{Hg})$	$\rho(\text{Cr}^{6+})$	$\rho(\text{NO}_3^-\text{-N})$	$\rho(\text{NO}_2^-\text{-N})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	
≤40	≤2	≤0.001	≤0.1	≤25	≤1.0	≤2.0	

2.2 用综合污染指数法评价及评价结果

2.2.1 评价因子的选择

在调查期间 ,河段上游干涸 ,无河水流入 ,河段内河水全为排放污水 ,无养殖、娱乐、生活、工农业用水等利用价值。根据河水水质的具体情况 ,选择 COD、DO、Hg、 Cr^{6+} 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 7 个指标为评价因子 ,采用综合污染指数法对河水水质进行评价^[2,3]。

2.2.2 综合指数法评价过程

综合污染指数法：

$$P = \sum_{i=1}^n P_i \qquad P_i = C_i / C_0$$

表 3 河水各污染物现状污染分指数和监测点综合污染指数

监测点	位置/km	P_i							P
		DO	COD	Cr^{6+}	Hg	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\text{NO}_2^-\text{-N}$	
1	1.80	0.16	5.61	0.90	25	4.63	0.11	1.30	37.71
2	4.70	0.18	9.48	1.95	30	8.07	0.00	0.53	50.27
3	5.50	0.27	7.08	0.70	25	7.25	0.01	0.16	40.47
4	6.15	0.27	5.74	1.25	20	8.82	0.00	0.39	37.52
5	7.45	0.22	8.28	1.00	32.5	7.38	0.05	0.37	49.80
6	9.40	0.18	4.41	0.75	30	7.25	0.04	0.44	43.07
7	10.70	0.15	5.47	0.65	25	7.38	0.03	0.21	38.89
8	12.20	0.12	3.60	0.65	20	7.13	0.01	0.28	31.79
9	13.40	0.66	7.88	0.49	60	10.13	0.01	0.18	79.35
10	15.40	0.16	3.47	0.47	17.5	7.09	0.00	0.38	29.12
11	16.80	0.17	3.47	0.50	22.5	7.50	0.004	0.30	34.44
12	18.25	0.19	2.94	0.70	20	7.69	0.00	0.34	31.91
13	19.65	0.18	2.40	0.42	30	7.75	0.01	0.21	41.00

注 :监测点位置是指监测点距 1 号排污口的河长。

污染负荷比： $\alpha = P_i / P$

式中： P_i 为综合污染分指数； P 为综合污染指数； C_i 为某污染物的实测浓度； C_0 为某污染物的评价标准值。

通过计算 ,可得各污染物的污染分指数和各监测点综合污染指数(表 3) ;同时可得监测点各主要污染物污染负荷比(表 4) ;根据此河流的实际情况和综合污染指数的大小 ,将此河段的水质情况分为 4 个区 ,分区标准列于表 5。

表 4 监测点各主要污染物现状污染负荷比 α %

监测点	COD	DO	Hg	Cr^{6+}	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$
1	15	0	64	2	12	0	3.0
2	19	0	57	4	16	0	1.0
3	18	0	58	2	18	0	0.4
4	15	0	51	3	23	0	1.0
5	16	0	62	2	14	0	0.8
6	10	0	66	2	17	0	1.0
7	14	0	60	2	19	0	0.5
8	11	0	59	2	22	0	0.8
9	10	0	73	0	13	0	0.2
10	12	0	54	1	24	0	1.0
11	10	0	61	1	21	0	0.8
12	9	0	58	2	24	0	1.0
13	6	0	69	1	19	0	0.5

表 5 河水现状水质分区

综合污染指数	< 35	35 ~ 42	42 ~ 50	> 50
水质分区	轻污染	中等污染	重污染	严重污染

2.2.3 污染评价结果

从表 1、3、4 中可看出 ,此河段河水的主要污染成分为 NH₃-N ,COD 和 Hg ,各监测点 Hg 污染负荷比都在 60% 左右 ,COD 在 15% 左右 ,NH₃-N 为 10% ~ 20% ,这与排放污水中主要污染物成分和含量是一致的。属于严重污染的区域有 2 个 ,分别为监测点 2 和 9 ;属于重污染的区域有 2 个 ,分别为监测点 5 , 6 ;其他区域属于中度污染和轻度污染区。

形成污染区现状的原因有两个 ,一是各污染源污水的不断排入对河水水质的影响 ;二是河道宽度等地形地貌所造成。河段内排污口有 8 个 ,集中在监测点 2 以上的河段上游 ;其中 3 个位于监测点 1 以上河段且非常集中。所以监测点 2 所监测的河水是刚刚排入还来不及进行自净化的污水 ,因此该处污染相对严重 ,P 值达 52.27。从监测点 2 向下游到监测点 3、监测点 4 ,由于此段河道狭窄、河水流速很快 ,DO 补充及时 ,所以 COD 有所下降 ,水体自身的一些氧化还原等自净作用也使 COD 下降 ,污染状况有所减轻。河流在监测点 5 ,即南宋村西两侧 ,由于①水质极差的污 4 排入 ;②此处河道由于采沙坑集中 ,河水流经此处流速迅速减慢 ,导致 DO 无法及时补充 ;③河面宽 ,蒸发量大、下渗量大 ,这些原因综合致使污染物浓度增加 ,水质恶化 ,污染严重。从监测点 6 开始 ,河道又相对较窄 ,流速较快 ,随着河水的自然流动净化 ,河水水质逐渐好转 ,经监测点 7、监测点 8 一直到监测点 9 之前 ,河水污染相对较轻 ,大部区域处于中度污染区和轻污染区。在监测点 9 ,即西庄村南两侧 ,采沙坑成群出现 ,比南宋村西附近更加集中 ,河水污染也随之严重(P = 79.35) ,为严重污染区。监测点 9 正处于西庄地下水反漏斗的中心区域 ,亦是西庄采沙坑群的中心处 ,此处水流速度极其缓慢 ,河水几乎处于静止状态 ,DO 质量浓度降至最低(3.03 mg/L) ,使此处的主要污染物 COD 无法消耗。另外 ,巨大的蒸发量和反漏斗渗入量使河水被浓缩 ,一些污染物如 Hg 等达到一个很高的值 ,所以其污染程度急剧恶化 ,严重污染的河水渗入地下形成反漏斗 ,使地下水严重污染。总之 ,西庄村南两侧是河段内污染最严重的区域。从监测点 10 向下至监测点 13 ,由于河道又一次变窄 ,河水污染也逐渐减轻 ,为中和和轻度污染区。

2.3 用灰色聚类法评价及评价结果

灰色聚类法是将聚类对象对于不同聚类指标所拥有的功效数按 n 个灰类进行归纳 ,以判断该聚类

对象(即水样)属于哪一些类型^[4 5]。灰色聚类法步骤如下 :

a. 确定功效函数

$$Y_{ij}(X) = \begin{cases} 1 & X \in [0, \lambda_{ij}] \\ \alpha_{ij}(2\lambda_{ij} - X) & X \in [\lambda_{ij}, 2\lambda_{ij}] \\ 0 & X \in [2\lambda_{ij}, \infty] \end{cases} \quad (j = 1)$$
$$Y_{ij}(X) = \begin{cases} \alpha_{ij} \cdot X & X \in [0, \lambda_{ij}] \\ \alpha_{ij}(2\lambda_{ij} - X) & X \in [\lambda_{ij}, 2\lambda_{ij}] \\ 0 & X \in [2\lambda_{ij}, \infty] \end{cases} \quad (j = 2, 3, \dots, m-1)$$
$$Y_{ij}(X) = \begin{cases} \alpha_{ij} \cdot X & X \in [0, \lambda_{ij}] \\ 1 & X \in [\lambda_{ij}, \infty] \end{cases} \quad (j = m) \quad (\alpha = 1/X)$$

式中 :j 为评价等级 ,j = 1 ,2 ,... ,m ;i 为污染物种类 ,i = 1 ,2 ,... ,q ;λ_{ij}为第 i 种污染物第 j 级的标准值 ;X 为第 i 种污染物的监测值 ;α 为斜率。

b. 计算权系数

$$W_{ij} = \lambda_{ij}^{-1} / \sum_{i=1}^n (\lambda_{ij}^{-1})$$

c. 计算聚类系数

$$\eta = \sum_{j=1}^n W_{ij} \cdot Y_{ij}(X)$$

计算出各测点相对于各级别的聚类系数后 ,按最大隶属原则从每一个测点中找出最大的聚类系数 ,该聚类系数所属的污染物级别就是该测点所属的污染物的级别。

d. 评价过程。

评价过程与综合污染指数法相比 ,由于灰色聚类法的公式较复杂 ,在进行数据处理时 ,采用 Matlab 语言编程 ,大大简化了计算量。另外 ,由于灰色聚类法采用汞作为评价因子时其结果明显不符合实际 ,故以磷替代了汞。灰色聚类法评价过程中所用的监测资料和其他评价因子均与综合污染指数法相同 ,经过编程计算得出的结果见表 6。

表 6 各测点相对于各级别的聚类系数 η

测点	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
1	0.0006	0.1874	0.2072	0.2080	0.7080*
2	0.0006	0.0942	0.1035	0.0558	0.7385*
3	0.2897	0.3766	0.4742	0.4433	0.4851*
4	0.0006	0.1898	0.2097	0.0871	0.7884*
5	0.2897	0.0114	0.0112	0.0173	0.6772*
6	0.0006	0.4209	0.4658	0.4535	0.6464*
7	0.0006	0.3270	0.4658	0.7003	0.7490*
8	0.2897	0.3362	0.3956	0.5242*	0.4689
9	0.0006	0.5063	0.6483	0.7331*	0.6544
10	0.0006	0.4389	0.4864	0.8632*	0.6544
11	0.0006	0.5604	0.6210	0.8858*	0.6092
12	0.2897	0.2812	0.3105	0.4956*	0.4498
13	0.2897	0.3928	0.5382	0.6201*	0.3257

注 :* 为测点聚类系数最大值。 (下转第 78 页)

废水的研究[J]. 化学反应工程与工艺, 2000, 16(3): 301 ~ 304.

[8] 漆新华, 庄源益, 袁有才, 等. 超临界水氧化法处理苯胺废水[J]. 环境污染与防治, 2001, 23(1): 56 ~ 58.

[9] 林春绵, 周红艺, 潘志彦, 等. 超临界水中萘酚氧化分解的研究[J]. 化学反应工程与工艺, 2000, 16(1): 77 ~ 81.

[10] 丁军委, 陈峰秋, 吴索芳, 等. 超临界水氧化法处理含酚废水[J]. 环境污染与防治, 2000, 22(1): 1 ~ 3.

[11] 王涛, 何胜悦, 刘崇义, 等. 超临界水氧化法处理对苯二酚废水的初步研究[J]. 化工学报, 1996, 47(3): 381 ~ 384.

[12] Zhong Y D. Catalytic supercritical water oxidation: Phenol conversion and product selectivity[J]. Environ Sci Tech, 1995, (11): 2748 ~ 2753.

[13] 王涛, 杨明, 向波涛, 等. 超临界水氧化法去除尿液中有机的探索[J]. 航天医学与医学工程, 1997, 10(5): 370 ~ 372.

[14] Takahashi Y, Wydeven T, Koo C. The destruction of hazardous organic water material[J]. Adv Space Res, 1991, 9(8): 483 ~ 487.

[15] 向波涛, 王涛, 沈忠耀. 乙醇废水的超临界水氧化处理

工艺研究[J]. 环境科学学报, 2002, 22(1): 17 ~ 20.

[16] 刘学武, 施友民, 李志义, 等. 超临界水氧化法处理乙醇废水溶液工艺研究[J]. 环境技术, 2004(3): 34 ~ 36.

[17] 潘志彦, 林春绵, 周红艺, 等. 超临界水中乙酸氧化降解的研究[J]. 浙江工业大学学报, 2000, 28(4): 298 ~ 301.

[18] 戴航, 黄卫红, 钱晓良, 等. 超临界水氧化法处理造纸废水的初步研究[J]. 工业水处理, 2000, 20(8): 23 ~ 25.

[19] Lin Kuen-song, Wang H P. Shape selectivity oxidation of 2-chlorophenoleffected by CuO/ZSM-48[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 1992, 22: 261 ~ 267.

[20] Yu Jian-li, Phillip E S. Catalyst activity stability and transformations during oxidation in supercritical water[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2001, 31: 123 ~ 132.

[21] 宫艳玲, 马沛生, 王军, 等. 超临界流体在化工环境保护中的应用[J]. 化工进展, 2001(8): 1 ~ 5.

[22] 张丽, 王俭, 关辉, 等. 超临界水氧化技术及其环境中材料的腐蚀研究现状[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13(5): 270 ~ 274.

[23] 薛文平, 董晓丽, 王少君, 等. 超临界水氧化法处理有机污水的应用研究与展望[J]. 黄金, 2002, 23(1): 42 ~ 45.

(收稿日期: 2005-04-15 编辑: 舒建)

(上接第 71 页)

e. 评价结果。由表 6 中可看出, 2001 年枯水期, 漕河大册营至西庄段(监测点 1 ~ 7)属于Ⅴ级水质, 其他属于Ⅳ级水质。河水有一定的自净化能力, 下游水得到了净化, 水质好于上游。但总的来说, 这一段的水质污染严重。灰色聚类法评价与综合污染指数评价结果相比, 结果大致是相同的, 唯一明显不同的是监测点 9, 综合污染指数法评价的是严重污染, 而灰色聚类法评价的是Ⅳ级水质, 究其原因就是因为灰色聚类法忽略了汞因素的影响。漕河段的污水主要为造纸污水、少量生活污水和少量化工污水, 因为造纸污水的汞含量较高, 总汞是此河段水质污染的主要因素, 所以对此评价时, 采用综合污染指数法得出的结果更符合实际。

3 结 论

根据现状调查分析结果, 漕河大册营至西庄河段水环境的治理工作已迫在眉睫。治理工作应从以下几方面着手: ①限制造纸业等高耗水、高排污工业的发展, 对已建企业采取节水措施以降低水耗, 对工艺落后、浪费水与排污严重的企业坚决关、停、并、

转。②大册营集中污水处理厂处理能力仅占河段排污量的 27%, 因此应兴建、扩建污水处理厂, 提高处理率, 并监督其正常运转。③停止建筑业采砂, 对已被采砂坑破坏的河道进行疏导改造, 避免污水汇集渗入地下。④建立污水反漏斗中水水源地, 开采浅层污染地下水以防治地下水污染, 同时, 为市区要求水质不高的行业提供中水水源, 节约优质水源。

参考文献:

[1] 蔡建安, 张文艺. 环境质量评价与系统分析[M]. 合肥: 合肥工业大学出版社, 2003. 13 ~ 26.

[2] 王华东. 水环境污染概论[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1984. 83 ~ 90.

[3] 赵毅. 环境质量评价[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997. 56 ~ 60.

[4] 陆洲, 夏秋颖, 周琳, 等. 斜率灰色聚类法在地面水环境质量评价中的应用[J]. 环境保护科学, 2000(10): 43 ~ 46.

[5] 葛大兵, 廖柏寒, 程育芝, 等. 岳阳南湖水环境现状评价及对策[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2001(2): 127 ~ 129.

(收稿日期: 2004-05-19 编辑: 舒建)