

基于盲数理论的四川省西充河水环境容量研究

尹念辅, 李铁松, 左云霞, 潘兴树

(西华师范大学 国土资源学院, 四川 南充 637002)

摘要: 嘉陵江一级支流西充河为四川省严重污染河流。经监测分析, 2009 年西充河水质被评为劣 5 类, 主要污染物包括氨氮、化学需氧量、总氮、总磷、粪大肠菌群等。以西充河南充市段为研究对象, 运用盲数理论测算, 对比了西充河雷打石和拉拉渡 2 个断面 2003—2009 年的水质监测资料。2 个断面的水环境容量值 COD_{Cr} 为 637.01 kg/d, NH_3-N 为 0.76 kg/d。2 断面间的化学需氧量、氨氮超过水环境容量值 ($W_{COD_{Cr}} = 874.59$ kg/d, $W_{NH_3-N} = 116.34$ kg/d) 分别是允许水环境容量的 1.37 和 153 倍。为了达到国家 3 级水质标准, 西充河的治理已经刻不容缓。

关键词: 盲数理论; 西充河; 水环境容量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)01-0233-05

中图分类号: O230

Study of Water Environment Capacity of Xichong River in Sichuan Province Based on Blind Number Theory

YIN Nian-fu, LI Tie-song, ZUO Yun-xia, PAN Xing-shu,

(College of Land Resources, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637002, China)

Abstract: Xichong River in Sichuan Province, a tributary of Jialing River, has been polluted seriously. In 2009, water quality of Xichong River was assessed to be the bad fifth grade through monitoring and analysis. The main contaminants in the river are ammonia nitrogen, chemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphorus, and fecal coliform. By taking the Nanchong segment of Xichong River as the research object, the data from water quality monitoring at Leidashi and Laladu observation sites from 2003 to 2009 are analyzed based on blind number theory. As for the water environment capacity at the two sites, COD_{Cr} is found to be 637.01 kg/d and NH_3-N , 0.76 kg/d. Chemical oxygen demand ($W_{COD_{Cr}}$) and ammonia nitrogen (W_{NH_3-N}) exceeding the standards at the two sites are 874.59 and 116.34 kg/d, being 1.37 times and 153 times of the allowed value, respectively. In order to reach the third grade of national water quality standards, it is urgent to control the pollution of Xichong River.

Keywords: blind number theory; Xichong River; water environment capacity

1 研究区概况

西充河位于四川省南充市境内, 是嘉陵江流经南充的一级支流, 其干流发源于西充县太平乡壁山垭东南, 流经西充县、嘉陵区、顺庆区。西充河流域又分为虹溪河、桓子河、滑滩河 3 个河段, 其支流龙滩河源出西充县青狮乡西北的半角山与苦竹垭南, 经仁和、凤和等乡镇, 汇入干流虹溪河。西充河全长 110 km, 流域面积达 796 km²^[1], 于南充市南门坝处汇入嘉陵江。西充河南充段全长约 14 km, 流经华凤、舞凤、新

建、火花 4 镇 34 村, 沿河居民 8.6 万人。本文所研究的河段从雷打石至拉拉渡, 是南充市较为发达的工业区、居民区以及商业区, 此河段东岸为居民区和商业区, 属于主城区。西岸位于西山脚下, 为工业区, 靠近河岸附近有大片农田, 主城区和工业区中很多生活污水和工业废水未经处理就排入西充河内, 农田中的农药和化肥经灌溉水和雨水的地表径流直接排入河中。

西充河自 20 世纪 80 年代以来成为纳污河流。20 世纪 80 年代该流域内工业企业达到 85 家, 1988 年排入西充河的废水总量达到 2.432×10^7 m³, 工业

收稿日期: 2011-01-12

修回日期: 2011-05-09

资助项目: 四川省科技厅软科学规划项目“嘉陵江中游城市供水水质安全对策研究”(2008ZR0049)

作者简介: 尹念辅(1986—), 男(汉族), 四川省新都人, 硕士研究生, 主要从事水环境研究。E-mail: yinnianhu@163.com。

通信作者: 李铁松(1964—), 男(汉族), 四川省仁寿县人, 硕士, 教授, 硕士生导师, 主要从事环境信息工程研究。E-mail: lts64425@163.com。

废水达 $1.575 \times 10^7 \text{ m}^3$, 由此可见西充河水质污染主要由工业污染源排放导致。杜德泉^[1]根据南充市环境保护办公室对 1985—1989 年排入西充河中废水的各种指标值得出当时西充河实际纳污量大大超过西充河允许纳污量, COD 超 16 倍, BOD₅ 超 9 倍, NH₃-N 超 2 倍, 超纳污量是惊人的。冯永春等^[3]通过对西充河两岸污灌区环境对居民健康影响的调查了解到居民消化系统几种主要疾病及恶性肿瘤的患病与饮用西充河污染水有关, 由于饮用水和食物等污染每年造成的总的健康经济损失达 127.205 万元。进入 21 世纪以来, 流域内企业纷纷倒闭, 华凤镇白土坝村的土地被征用, 新建西华师范大学新校区, 华凤镇居民数量激增, 居民生活污水排放和流域内畜禽养殖业污染排放成为西充河水质污染的重要因素。罗明云^[2]分析 2003 年西充河水体的 COD, BOD₅ 的检测值时, 发现 BOD₅ 仍然是水体的主要污染物, 不过 COD 和 BOD₅ 的检测值已经比 20 世纪 80—90 年代小, 但仍然超过国家《地表水环境质量标准》(GB3838—2002) 中的规定。2005 年 1 月开始, 南充市逐步投入 4.6 亿元治理西充河污染, 于 2009 年 10 月先后在西充河沿岸城镇建立约 30 个集中式污水处理厂和 9 个垃圾处理厂, 这些设施能更多地处理沿岸企业产生的废水, 使之达到水质标准后再排放到西充河。

2 盲数理论

把大量非随机数据和随机数据都用概率统计的方法来处理是不恰当的。科学的发展要求人们必须从信息自身的不确定属性出发, 考虑合理有效的处理方法。人们对模糊数据的重视相应产生了以“模糊集”为基础的模糊数学, 而盲数理论正是其中一种重要的数学模型^[4]。李如忠等^[5-6]验证了在湖泊、河流等水环境条件下盲数理论运用的可行性。高苏蒂等^[7]也提出了盲数理论对水环境容量计算较确定性方法更为科学、合理。

2.1 盲数定义

在以下的运算中我们将要用到的盲数理论被定义如下:

设 G 表示有理灰数集。

设 $a_i \in G, \alpha \in [0, 1], i=1, 2, \dots, n$ 。

$$f(x) = \begin{cases} a_i, & (x = a_i, i=1, 2, \dots, n) \\ 0, & [x \neq (a_1, a_2, \dots, a_n); x \in G] \end{cases}$$

若当 $i \neq j$ 时, $a_i \neq a_j$, 且 $\sum_{i=1}^n a_i \leq 1$, 则称函数 $f(x)$

是一个盲数, $f(x)$ 的阶数是 n 。称 $\sum_{i=1}^n a_i$ 为 $f(x)$ 的总可信度, 称 a_i 为 $f(x)$ 在 a_i 点的可信度。

2.2 盲数计算

在以下的计算中把整体公式分为 2 部分, 分别是目标容量和降解容量, 用 A 和 B 表示。所得的 A, B 值分别相加从而得到最终的可能值, 以此来确定灰度中间值和它的可信度^[8]。

$$\text{设盲数 } A = f(x) = \begin{cases} a_i, & [x = x_i (i=1, 2, \dots, n); x \in G] \\ 0, & [x \neq \{x_1, x_2, \dots, x_n\}; x \in G] \end{cases}$$

$$B = g(x) = \begin{cases} \beta_i, & [x = y_i (i=1, 2, \dots, m)] \\ 0, & [x \neq (x_1, x_2, \dots, x_n); x \in G] \end{cases}$$

所以

$A+B$ 的可能值和矩阵表示为:

$$H = \begin{pmatrix} x_1 + y_1 & x_1 + y_2 & \cdots & x_1 + y_m \\ x_2 + y_1 & x_2 + y_2 & \cdots & x_2 + y_m \\ x_3 + y_1 & x_3 + y_2 & \cdots & x_3 + y_m \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_n + y_1 & x_n + y_2 & \cdots & x_n + y_m \end{pmatrix}$$

$A+B$ 的可信度积矩阵表示为:

$$I = \begin{pmatrix} x_1 y_1 & x_1 y_2 & \cdots & x_1 y_m \\ x_2 y_1 & x_2 y_2 & \cdots & x_2 y_m \\ x_3 y_1 & x_3 y_2 & \cdots & x_3 y_3 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_n y_1 & x_n y_2 & \cdots & x_n y_m \end{pmatrix}$$

3 2 个监测断面资料

西充河为国家 2 级水源保护区, 本次研究河段长 $L=7 \text{ km}$, 要求水质为 3 级, COD_{Cr} 标准浓度应为 $C_s=20 \text{ mg/L}$, NH₃-N 标准浓度应为 $C_0=1 \text{ mg/L}$, 污染物降解系数^[9] $k_1=1.0/\text{d}=1.16 \times 10^{-5}/\text{s}$, $k_2=0.20/\text{d}=2.3 \times 10^{-6}/\text{s}$ (假定 k_1, k_2 为一个定值)。根据南充市环境监测中心站对西充河雷打石和拉拉渡两断面 2003—2009 年间水文环境监测分析, 得到流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$, 流速 $u(\text{m/s})$, COD_{Cr} 浓度 $C_1(\text{mg/L})$ 和 NH₃-N 浓度 C_2 等如下信息:

$$\varphi(Q) = \begin{cases} 0.43, Q = [11.0, 21.5] \\ 0.36, Q = [23.9, 32.8] \\ 0.21, Q = [49.5, 59.0] \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

$$\varphi(u) = \begin{cases} 0.36, u = [0.13, 0.19] \\ 0.36, u = [0.20, 0.27] \\ 0.28, u = [0.40, 0.49] \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

$$\varphi(C_1) = \begin{cases} 0.43, C_1 = [4.30, 5.10] \\ 0.36, C_1 = [5.20, 5.90] \\ 0.21, C_1 = [6.70, 8.00] \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

表 4 $W_{\text{COD}_{\text{Cr}}}$ 的可信度带边积矩阵

×	0.090 3	0.154 8	0.184 9	0.075 6	0.129 6	0.154 8	0.044 1	0.075 6	0.090 3
0.120 4	0.010 9	0.018 6	0.022 3	0.009 1	0.015 6	0.018 6	0.005 3	0.009 1	0.010 9
0.154 8	0.014 0	0.024 0	0.028 6	0.011 7	0.020 1	0.024 0	0.006 8	0.011 7	0.014 0
0.154 8	0.014 0	0.024 0	0.028 6	0.011 7	0.020 1	0.024 0	0.006 8	0.011 7	0.014 0
0.100 8	0.009 1	0.015 6	0.018 6	0.007 6	0.013 1	0.015 6	0.004 4	0.007 6	0.009 1
0.129 6	0.011 7	0.020 1	0.024 0	0.009 8	0.016 8	0.020 1	0.005 7	0.009 8	0.011 7
0.129 6	0.011 7	0.020 1	0.024 0	0.009 8	0.016 8	0.020 1	0.005 7	0.009 8	0.011 7
0.058 8	0.005 3	0.009 1	0.010 9	0.004 4	0.007 6	0.009 1	0.002 6	0.004 4	0.005 3
0.075 6	0.006 8	0.011 7	0.014 0	0.005 7	0.009 8	0.011 7	0.003 3	0.005 7	0.006 8
0.075 6	0.006 8	0.011 7	0.014 0	0.005 7	0.009 8	0.011 7	0.003 3	0.005 7	0.006 8
其他	0	0	0	0	0	0	0	0	0

从表 3 可以看出西充河雷打石与拉拉渡断面之间河段水环境容量的各种可能取值有 81 种情况。由于 A_1 可能值与 B_1 可信度在矩阵中的元素有一一对应的关系,于是可信度矩阵中的 81 种值即为西充河雷打石和拉拉渡断面水环境容量各种可能取值对应的可信度。根据盲数均值的计算公式^[9],得到西充河雷打石与拉拉渡断面间允许的水环境容量均值为:

$$EW_{\text{COD}_{\text{Cr}}} = \text{Ef}(w) = \begin{cases} a, w = \frac{1}{a} (\theta \sum_{i=1}^{81} a_i w_i) = 637.01 \text{ kg/d} \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

式中: $EW_{\text{COD}_{\text{Cr}}}$ —— COD_{Cr} 允许的水环境容量均值;
 $\text{Ef}(w)$ —— COD_{Cr} 可能值函数; a_i —— COD_{Cr} 可信度带边积矩阵中相对应的值; w_i —— COD_{Cr} 可能值带边

和矩阵中相对应的值。

根据以上方法得出 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的目标容量 $A_2 = 86.4 \times Q \times (1 - C_3)$, 降解容量 $B_2 = 1.39 \times \frac{Q}{u}$ 。同样将计算得到的灰区间中间值带入式(3), 以此得出氨氮允许的水环境容量均值为:

$$EW_{\text{NH}_3\text{-N}} = 0.76 \text{ kg/d}$$

与之相对应的总可信度为:

$$a = \sum_{i=1}^{81} a_i = 1.0$$

从《南充市水环境污染现状调查报告》中得出西充河拉拉渡断面以上的生活污染源调查结果(表 5)。

表 5 西充河生活污染源调查

县(市)区 名称	乡镇名称	非农业人口 数量/ 10^4 人	污染物排放浓度/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		污染物排放量/($\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$)	
			COD	氨氮	COD	氨氮
顺庆区	华凤街道	0.450 0	495	42	0.141 6	0.011 1
	晋城镇	3.672 0	300	25	1.060 0	0.088 0
	莲池乡	0.040 0	450	25	0.020 0	0.001 0
	虹桥乡	0.072 0	450	25	0.030 0	0.002 0
	占山乡	0.192 0	450	25	0.080 0	0.005 0
	中岭乡	0.056 0	450	25	0.020 0	0.001 0
	复安乡	0.032 0	450	25	0.010 0	0.001 0
	观风乡	0.120 0	450	25	0.050 0	0.003 0
	凤鸣镇	0.176 0	450	25	0.080 0	0.004 0
	金泉乡	0.040 0	450	25	0.020 0	0.001 0
合计		4.850 0	4 395	267	1.511 6	0.117 1

从表 5 可以得出排入西充河的 COD_{Cr} 量为 1 511.6 kg/d, 氨氮量为 117.1 kg/d, 由于河道实际水环境容量等于允许排污量^[10], 雷打石断面和拉拉渡断面间污染物 COD_{Cr} , 氨氮超过水环境容量标准分别为:

$$W_{\text{COD}_{\text{Cr}}} = 1\,511.6 - 637.01 = 874.59 \text{ (kg/d)}$$

$$W_{\text{NH}_3\text{-N}} = 117.1 - 0.76 = 116.34 \text{ (kg/d)}$$

5 结论

根据以上计算得出的结果, $W_{\text{COD}_{\text{Cr}}}$ 为 874.59 kg/d, 超过其允许水环境容量 637.01 kg/d, 约为其允许水环境容量的 1.37 倍。而 $W_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 为 116.34 kg/d, 其值远远超过其允许水环境容量 0.76 kg/d, 为其允许水环境容量的 153 倍。西充河雷打石与拉拉渡断面

之间河段水环境容量达不到国家 3 级水质标准,到现在为止仍然为劣 5 类水质。

西充河 2 个监测断面长达 7 a 的观测中, COD_{Cr} 超标含量从以前的 16 倍降到现在的 1.37 倍,改善效果明显。但是氨氮含量却从 20 世纪 80 年代的 2 倍上升到 153 倍,氨氮含量的增高会对鱼类等水生生物的酶水解反应和膜稳定性产生明显影响,含量过高可导致水生生物死亡^[11]。这也解释了西充河看似污染减轻却鲜有鱼虾的原因。

氨氮排放中有 84.63% 来自于华凤街道与晋城镇(包括常林乡)。华凤街道居民依河而居,生活污水大多都未经处理就直接排入河中。常林乡河道两旁有大量农田,种植较多经济作物,对化肥的施用量较大,很多未被植物吸收就随着雨水或灌溉水流入河中。这两方面或成为导致西充河中氨氮严重超标的主要因素。

在今后的治理过程中,减少生活污水的直接排放与控制农业生产中的化肥施用量将成为改善西充河水环境的主要方向。

[参 考 文 献]

- [1] 杜德泉. 南充西河的污染与防治[J]. 水资源保护, 1992(1):37-42.
- [2] 罗明云. 南充市西河治理探讨[J]. 环境科学与管理, 2006(4):116-119.
- [3] 冯永春, 胡本君, 巫幸福, 等. 西河污灌区环境污染对居民健康影响的调查研究[J]. 四川环境, 1992, 11(2):27-30.
- [4] 刘开第, 吴和琴, 庞彦军, 等. 盲数的概念、运算与性质[J]. 运筹与管理, 1998, 7(3):14-17.
- [5] 李如忠, 洪天求. 盲数理论在湖泊水环境容量计算中的应用[J]. 水利学报, 2005, 36(7):1-9.
- [6] 李如忠, 钱家忠, 汪家权, 等. 基于盲数理论的河流水质未确知风险分析初探[J]. 水电能源科学, 2003, 21(1):18-21.
- [7] 高苏蒂, 祝荣, 景连茵. 基于盲数理论计算一般河流水环境容量可能值[J]. 安徽建筑工业学院学报:自然科学版, 2010, 18(6):89-91.
- [8] 贾瑞娟. 盲数的运算律及证明[J]. 河北建筑科技学院学报, 1998, 15(2):69-72.
- [9] 闫欣荣, 史忠科. 盲信息下渭河水环境容量及消减量研究[J]. 西安建筑科技大学学报:自然科学版, 2007, 39(5):684-689.
- [10] 邓柏旺, 袁晓宇. 水环境容量计算在工程中的应用[J]. 中国水利, 2010(18):48-52.
- [11] 蔡继晗, 沈奇宇, 郑向勇, 等. 氨氮污染对水产养殖的危害及处理技术研究进展[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 2010, 29(2):167-172.
- [12] 杜德泉. 南充西河的污染与防治[J]. 水资源保护, 1992(1):37-42.
- [13] 陈卫东, 李俊梅, 李跃根, 等. 基于因子分析和 BP 神经网络的海洋平台拖航风险分析[J]. 海洋技术, 2010, 29(2):107-111.
- [14] 吴倩, 宋永发. 基于因子分析和 RBF 神经网络的快速估算模型[J]. 工程管理学报, 2010, 24(1):65-68.
- [15] 于秀林. 多元统计分析[M]. 北京:中国统计出版社, 1999:31-33.
- [16] 陈东景, 马安青, 徐中民, 等. 因子分析法在水质评价中的应用[J]. 水文, 2002, 22(3):31-33.
- [17] 李文生, 许土国. 基于因子分析定权的水质评价模型[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2008, 27(3):444-446.
- [18] 高芳, 赵强, 赵刚. 基于离散型 Hopfield 神经网络的供应商评价模型[J]. 计算机集成制造系统, 2004, 10(1):95-98.
- [19] Hopfield J J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities[J]. Proc. Natt. Acad. Sci. USA, 1982, 79(8):2554-2558.
- [20] 沈清. 模式识别导论[M]. 长沙:国防科技大学出版社, 1991:313-316.
- [21] 虞和济, 陈长征, 张省. 基于神经网络的智能诊断[M]. 北京:冶金工业出版社, 2000:120-127.
- [22] 韩庆良, 郑文卓. 影响东辽河上游河道水量减少的因素[J]. 吉林水利, 2005, 6(6):18-19.
- [23] 崔永华, 左其亭. 基于 Hopfield 网络的水质综合评价及其 matlab 实现[J]. 水资源保护, 2007, 23(3):14-16.

(上接第 200 页)