

应用模糊综合评判法评价浑河干流水质

陈艳丽, 范远东, 孙 鹏

(辽宁省水利水电勘测设计研究院, 沈阳 110006)

摘要: 为了解浑河干流水质状况, 基于2010年浑河干流水质监测数据, 选用化学需氧量、氨氮、生化需氧量、高锰酸盐指数、挥发酚、总磷和石油类等7项监测项目, 采取模糊综合评价法, 对浑河干流水质进行评价。结果表明, 浑河干流阿及堡、戈布桥和东陵大桥断面水质较好, 满足水功能区水质目标, 七间房、砂山、七台子和于家房断面水质较差, 不能满足水功能区水质目标。根据各断面评价因子权重分析, 七间房断面主要影响因子为氨氮; 砂山断面主要影响因子为氨氮, 总磷和高锰酸盐指数次之; 七台子断面和于家房断面的主要影响因子均为氨氮和总磷。从浑河干流整体考虑, 氨氮超标为河流部分水质断面超标的最主要原因。

关键词: 浑河干流; 模糊综合评判; 水质评价; 水功能区水质目标

中图分类号: X824 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2012)02-0039-04

目前, 水环境质量的评价方法有很多, 常规的评价方法有单因子污染指数评价法、综合污染指数评价法(陆卫军和张涛, 2009)和综合水质标识指数法(徐祖信, 2005)等, 都是对水质监测结果进行绝对分类。在水环境质量综合评价中, 涉及大量的复杂现象和多种因素的综合作用, 也存在大量的模糊现象和模糊概念。1965年, 美国控制论专家 Zadeh 第一次提出了模糊集合的概念, 标志着模糊数学的诞生(李祚泳等, 2004)。

本文将模糊评价方法运用到浑河水水质综合评价中, 通过隶属函数计算各个评价因子的权重, 采用最大隶属度原则综合确定评价水质级别, 对超标水质进行了有效衡量, 以便更好地反应浑河各断面水质受污染的程度, 又可根据各种指标权重, 分析各断面主要污染指标, 为河流水环境治理提供有力的依据。

1 数据与方法

1.1 流域区域概况

1.1.1 流域概况 浑河发源于辽宁省东部抚顺市清原县长白山余脉龙岗山脉的滚马岭, 自东北向西南流经抚顺、沈阳2市的市区及抚顺、沈阳、辽阳、鞍山四市所辖的清原、新宾、抚顺、灯塔、辽阳、辽中、海城和台安8县(市), 流域面积11 481 km², 河长415 km。流域面积超过100 km²的支流有27条, 其中一级支流17条, 包括英额河、苏子河、红河、社河、

蒲河和细河等, 二级支流8条, 三级支流2条。

1.1.2 流域水功能区划 浑河流域是辽宁省人口最为集中、经济最为发达的地区之一, 近年来工矿企业不达标污水的直接排放, 农业生产过程中农药、化肥的大量施用, 生活污水及生活垃圾的不定点排放等不合理的资源开发利用活动, 致使浑河流域尤其是下游水质遭受污染。根据《辽宁省水功能区划》, 将浑河干流7个水质监测断面, 划分为4类水质目标, 其中Ⅱ类水质目标断面有1个, Ⅲ类水质目标断面有1个, Ⅳ类水质目标断面有3个, Ⅴ类水质目标断面有2个。各断面水功能区目标见表1。

1.2 监测资料

选取2010年浑河干流断面水质监测数据的年均值进行评价, 具体监测项目及监测结果见表1。

1.3 评价标准及评价参数

根据监测资料, 确定化学需氧量(COD)、氨氮、生化需氧量(BOD₅)、高锰酸盐指数、挥发酚、总磷和石油类7个水质指标作为评价参数, 采用地表水环境质量标准(GB3838-2002)作为水质评价标准。

1.4 模糊综合评价方法

1.4.1 评价集的构成 模糊综合决策的数学模型由3个要素组成: 因素集 U 、评判集 V 和模糊矩阵 R 组成(李祚泳等, 2004)。

(1) 考虑浑河部分断面水质较差, 劣于Ⅴ类水质, 因此, 对浑河水质分为6个评价级进行评价。即评判集 V 为 I ~ V 类以及劣Ⅴ类水质。

(2) 选取7个水质参数, 因素集 $U_i = \{U_1, U_2, \dots, U_7\}$;

收稿日期: 2012-01-09

作者简介: 陈艳丽, 1981年生, 女, 工程师, 主要研究方向为水资源评价与管理、环境影响评价等。E-mail: yanli-xiaoya1981@163.com

表1 2010年浑河干流各断面水质监测项目及监测结果

Tab.1 The monitoring indices and monitoring data on Hun River in 2010

mg/L

控制单元	断面	水体功能区类别	COD	氨氮	BOD ₅	高锰酸盐指数	挥发酚	总磷	石油类
浑河上游	阿及堡	II类	6.0	0.06	2.1	2.8	0.001	0.07	0.01
浑河中游	戈布桥	IV类	21.0	1.15	3.6	4.8	0.004	0.16	0.02
	七间房	IV类	19.0	2.20	3.1	4.6	0.003	0.18	0.04
浑河下游	东陵大桥	IV类	13.5	2.60	4.2	5.6	0.002	0.21	0.19
	砂山	III类	17.0	4.20	4.8	10.0	0.004	0.30	0.06
	七台子	V类	22.0	6.20	6.8	7.2	0.003	0.60	0.19
	于家房	V类	21.0	5.40	6.4	6.8	0.003	0.68	0.14

(3) 建立隶属函数, 求出各监测断面的判别矩阵 R_i , 应用降半梯形分布法建立。水质分为 6 类, 即 $j=6$, 单指标模糊概率评价矩阵 R 中的隶属度 (i 指标发生 j 类水质的概率) 通过线性函数来确定, 按如下的公式计算。

a. 第 I 类水, 即 $j=1$, 隶属函数为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & (X_i \leq S_{ij}) \\ (S_{i(j+1)} - X_i) / (S_{i(j+1)} - S_{ij}) & (S_{ij} < X_i < S_{i(j+1)}) \\ 0 & X_i > S_{i(j+1)} \end{cases} \quad (1)$$

b. 第 II ~ V 类水, 即 $j=2 \sim 5$ 时, 隶属函数为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & (X_i = S_{ij}) \\ (X_i - S_{i(j-1)}) / (S_{ij} - S_{i(j-1)}) & (X_{i(j-1)} < X_i < S_{ij}) \\ (S_{i(j+1)} - X_i) / (S_{i(j+1)} - S_{ij}) & (S_{ij} < X_i < S_{i(j+1)}) \end{cases} \quad (2)$$

c. 劣 V 类水, 即 $j=6$ 时, 隶属函数为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & (X_i \geq S_{ij}) \\ (X_i - S_{i(j-1)}) / (S_{ij} - S_{i(j-1)}) & (S_{i(j-1)} < X_i < S_{ij}) \\ 0 & X_i \leq S_{i(j-1)} \end{cases} \quad (3)$$

式中: X_i 为评价因子的实测值; $S_{i(j-1)}$ 、 $S_{i(j+1)}$ 为第 i 种因子第 $j-1$ 类和第 $j+1$ 类水的标准值 (谢季坚和刘承平, 2000)。

将计算结果构造隶属矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{im} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m} \quad (4)$$

1.4.2 因子权重计算 水质评价中一般采取超标污染贡献率的方法计算各个因子的权重系数, 公式

$$\text{为: } A_i = C_i [S_i \sum_{i=1}^n (C_i/S_i)]^{-1} \quad (5)$$

式中: C_i 为第 i 种因子的实测值; S_i 为第 i 种因子的标准值; n 为评价因子的个数; A_i 为第 i 种因子的权重; $A_1 \sim A_n$ 构成权重矩阵 A 。

1.4.3 综合评判及确定水质等级 对权重矩阵 A 和隶属矩阵 R 进行复合运算, 可得综合评判结果:

$$B = A \cdot R \quad (6)$$

根据最大隶属度原则确定水质等级 (郭劲松等, 2000)。

2 结果与分析

2.1 评价因子权重

根据公式(1)、(2)、(3)分别确定水质评价的隶属矩阵, 根据公式(4)确定各评价因子权重, 计算结果见表2。

2.2 综合模糊评价结果

根据各因子权重及隶属矩阵复合运算 (曹久立和高传昌, 2007), 综合模糊评价结果见表3。

表2 各断面评价因子权重

Tab.2 Weight of evaluation factors in every section

控制单元	断面	COD	氨氮	BOD ₅	高锰酸盐指数	挥发酚	总磷	石油类
浑河上游	阿及堡	0.1660	0.0387	0.2682	0.2513	0.0279	0.2279	0.0201
浑河中游	戈布桥	0.2014	0.2569	0.1593	0.1493	0.0387	0.1805	0.0139
	七间房	0.1501	0.4049	0.1130	0.1178	0.0239	0.1673	0.0230
浑河下游	东陵大桥	0.0887	0.3981	0.1274	0.1194	0.0133	0.1624	0.0908
	砂山	0.0798	0.4592	0.1039	0.1522	0.0189	0.1656	0.0205
	七台子	0.0713	0.4681	0.1017	0.0757	0.0098	0.2287	0.0448
	于家房	0.0720	0.4315	0.1013	0.0756	0.0104	0.2743	0.0349

表3 综合模糊评价结果

Tab.3 Evaluation result of fuzzy comprehensive assessment

控制单元	断面	I类	II类	III类	IV类	V类	劣V类	分析结果	综合水质标识指数法	单因子指数评价法
浑河上游	阿及堡	0.7571	0.2429	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	I类	I类	II类
浑河中游	戈布桥	0.0139	0.2384	0.6505	0.0972	0.0000	0.0000	III类	III类	IV类
	七间房	0.0230	0.2636	0.3085	0.0000	0.0000	0.4049	劣V类	III类	劣V类
浑河下游	东陵大桥	0.1020	0.0239	0.4188	0.0572	0.0000	0.3981	III类	III类	劣V类
	砂山	0.0000	0.0542	0.1269	0.3598	0.0000	0.4592	劣V类	IV类	劣V类
	七台子	0.0000	0.0065	0.1441	0.1322	0.0203	0.6968	劣V类	V类	劣V类
	于家房	0.0000	0.0069	0.1567	0.1205	0.0101	0.7058	劣V类	V类	劣V类

2.3 评价结果分析

根据模糊综合评价方法评价结果(见表3),浑河水质上游水质断面阿及堡水质较好,达到水功能区水质目标;中游控制单元戈布桥水质断面水质较好,为III类,满足水功能区水质目标,七间房断面水质较差,为劣V类,不能达到水功能区水质目标;下游控制单元东陵大桥处水质较好,为III类,满足水功能区水质目标,砂山、七台子和于家房断面水质较差,均为劣V类,均不能满足水功能区水质目标。

同时根据各断面评价因子权重分析(见表2),可判断超标准断面的水质污染主要因素。七间房断面主要影响因子为氨氮;砂山断面主要影响因子为氨氮,总磷和高锰酸盐指数次之;七台子断面和于家房断面的主要影响因子均为氨氮和总磷。从浑河整体考虑,氨氮超标为河流部分水质断面超标的最主要原因。因此,做好氨氮的治理与控制,是治理浑河水污染的主要任务。

3 讨论

3.1 不同水质评价方法结果比较

模糊综合评价方法评价七间房、砂山、七台子和于家房子断面均为劣V类,综合水质标识指数法评价以上断面分别为III类、IV类和V类(胡成和苏丹,2011);模糊综合评价方法与综合标识指数法评价阿及堡、戈布桥和东陵大桥断面水质均为I类、III类、III类,而单因子指数法评价结果为II类、IV类和劣V类。

通过几种评价方法的结果比较可以看出,由于综合水质标识指数由单因子水质标识指数的平均值计算得出,忽略各因子的权重差异,未能准确反映出典型超标项目;本评价结果将水质分为6个级别,能有效区分V类水质和劣V类水质,将河流水质受污染程度更好的体现出来,也能更好的体现超标污染项目。与分类法评价结果相比较,单因子指数评价方法是按照国家规定的地表水分类标准进行评价,

以最差水质类别作为综合水质评价结果,有一项污染指标超过相应水质类别标准规定浓度,即表明该水体不支持这类水体的使用功能,相对是较严格的评价方法。模糊综合评价方法考虑各水质因子的权重差异,评价结果更能客观的反映水质状况,避免了单因子指数评价法过于严格的缺陷。

3.2 浑河流域水资源保护建议

运用模糊综合评价模型能够更全面地反映浑河水质状况和污染程度,在对浑河水质进行客观评价的基础上,应采取综合措施防治浑河水污染,改善水环境,保护水资源。流域内污染源在实现达标排放基础上,应加快河流沿岸城镇污水处理厂的建设,并选择有条件的支流口、入河排污口建设一定规模的人工湿地,对其出水水质起到进一步净化作用;同时,依靠科技进步,积极推行清洁生产,要求企业加大环保设施投入,严格执行总量控制制度,依法持证排污,逐步实现浑河水功能达标。

参考文献

- 曹久立,高传昌.2007.基于VBA技术实现模糊综合评判法在EXCEL中的应用[J].华北水利水电学院学报,28(6):48-50.
- 郭劲松,龙腾锐,霍国友,等.2000.四种水质综合评价方法的比较[J].重庆建筑大学学报,22(4):6-12.
- 胡成,苏丹.2011.综合水质标识指数法在浑河水质评价中的应用[J].生态环境学报,20(1):186-192.
- 李祚泳,丁晶,彭荔红.2004.环境质量评价原理与方法[M].化学工业出版社:70-77.
- 陆卫军,张涛.2009.几种河流水质评价方法的比较分析[J].环境科学与管理,34(6):174-176.
- 谢季坚,刘承平.2000.模糊数学方法及其应用[M].3版.武汉:华中科技大学出版社:197-208.
- 徐祖信.2005.我国河流综合水质标识指数评价方法研究[J].同济大学学报:自然科学版,33(4):482-488.

(责任编辑 杨春艳)

Fuzzy Comprehensive Evaluation on Water Quality of Mainstream of Hun River

CHEN Yan-li, FAN Yuan-dong, SUN Peng

(Investigation and Design Institute of Water Resources and Hydropower
Liaoning Province, Shenyang 110006, P. R. China)

Abstract: In order to understand the water quality in the mainstream of Hun River, chemical demand oxygen, ammonia nitrogen, biochemical oxygen demand, potassium permanganate index, volatile phenol, total phosphorus and petroleum these seven monitoring indices were measured and then the water quality was evaluated using fuzzy comprehensive assessment method and based on 2010 Hun river mainstream water quality monitoring data. The results showed that the water quality of Ajipu, Gebuqiao and Donglingdaqiao sections was good and can fit the quality goal of the water function; however, the water quality of Qijianfang, Shashan, Qitaizi and Yujiafang sections was bad and cannot fit the quality goal of the water function. According to the analysis of the weight of evaluation factors, the main influence factors of Qijianfang section was ammonia nitrogen; the main influence factors of Shashan section was ammonia nitrogen, total phosphorus and Potassium permanganate index; the main influence factors of Qitaizi and Yujiafang section was ammonia nitrogen and total phosphorus. Considering the whole mainstream of Hun River, the over-standard of ammonia nitrogen is the main reason of the water quality substandard.

Key words: the mainstream of Hun River; fuzzy comprehensive; water quality assessment; quality goal of water function