

沈阳市铁西区水污染物排放总量的核定

杨玉峰,傅国伟(清华大学环境科学与工程系,北京 100084, E-mail: yufeng @inet.tsinghua.edu.cn)

摘要:系统分析,核定了沈阳市铁西区水污染物排放总量,通过对排污总量的可靠性分析和度量,提出了提高系统信息可靠性的监测与改进建议.认为加强泵站信息的监测与调查有利于对重金属类污染物实施总量控制;而且,在此基础上追加细河黄蜡坨子断面的监测不仅可以清晰识别细河入浑河的排污量,而且可以对有机污染物进行总量控制作出有针对性的、及时的反应.

关键词:总量核定;系统可靠性;影响图;模糊逻辑度量;数据价值分析

中图分类号:X32, X192 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2001)03-05-0035

Total Water Pollution Load Determining on Tianxi Catchment Area in Shenyang City

Yang Yufeng, Fu Guowei (Department of Environmental Science & Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China E-mail: yufeng @inet.tsinghua.edu.cn)

Abstract: This paper analysed and determined the total water pollution load of Tianxi catchment area in Shenyang city systematically; by giving the reliability measurement to the total pollution load, put forward the suggestions to improve the system information reliability. It was found that to strengthen monitoring and investigation for the pumping station is of great advantage to control the pollutants of heavy metals, moreover, by adding monitoring to the Huanglatuazi section of Xi river, not only can the pollution load be identified clearly but also organic pollutants can be controlled more accurately and timely.

Keywords: total pollution load determining; system reliability; influence diagram; fuzzy logic measurement; data worth analysis

1 沈阳市铁西区排污系统

沈阳市铁西区污水排放系统是指排入崇山暗渠、卫工明渠、肇工明渠的工业、生活污水排放系统,如图 1 所示.

2 特征信息点的标注与影响图^[1]的绘制

根据图 1,在排污干管、排污渠、支流以及干流上确定和选择合适的总量控制特征信息点,经过系统分析,选择了图 1 的 6 个特征信息节点.①污染源信息,决定污染物的输入;②泵站,决定细河的流量与水质信息;③重金属类污染物控制断面,即一机床库断面,是细河源头水质控制节点;④细河黄蜡坨子断面,是细河入浑河前的输出断面,直接决定细河中的污染物负荷有多少进入浑河,主要控制细河的有机污染

物 COD 的输出量;⑤浑河黄蜡坨子断面,控制细河水质对浑河可能造成的污染,控制有机污染物;⑥上游输入信息,即浑河大闸断面.其影响图如图 2 所示.

3 特征信息的计算(或估算)与可靠性分析^[2~5]

3.1 污染源分析与排污量估计

铁西区污水排放系统主要是有机污染和重金属(主要是六价铬),其中 COD、油、酚、硝基物、六价铬的污染负荷比分别为 38.7%、

基金项目:欧盟资助项目(A-02-104)

作者简介:杨玉峰(1967~),男,清华大学核研院博士后,主要从事环境管理、环境系统分析、能源环境经济系统分析方面的研究.

收稿日期:2000-07-13

23.3 % 23.1 % 4.6 % 3.9 % .来源于卫工明渠与肇工明渠 .六价铬来源于工业企业 ,排放量总计 21.59t ;有机污染物(COD_{Cr}) 来源于工业和生活 ;统计覆盖面均为 85 % .工业 COD_{Cr}的排放量

范围是(4.2 , 5.0) × 10⁴t/a ,生活 COD_{Cr}排放量范围是(1.25 , 1.67) × 10⁴t/a ,总的 COD_{Cr}排放量为(5.45 , 6.67) × 10⁴t/a .

3.2 十四路闸泵站的数据与一机床断面数据

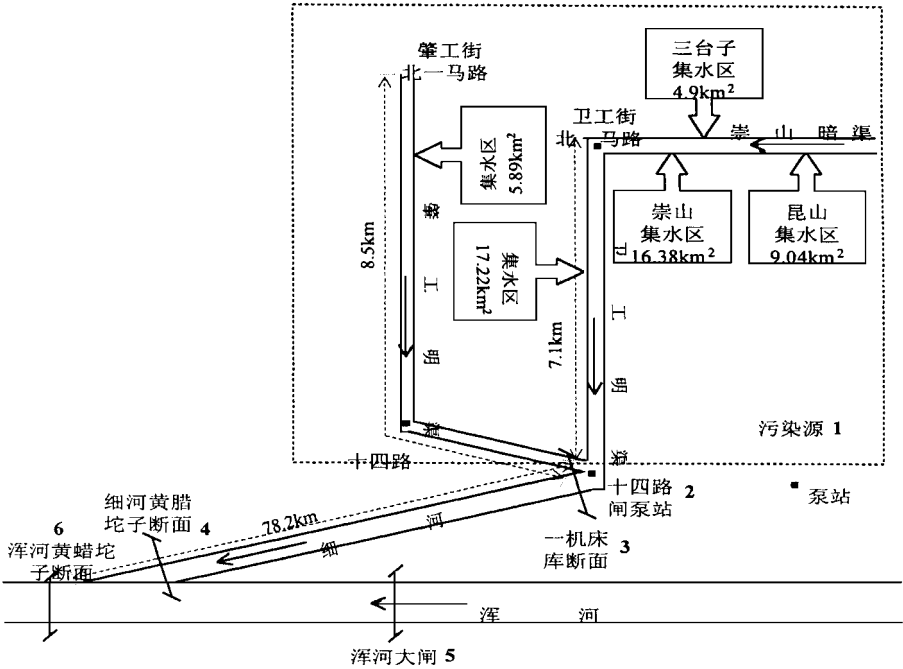


图 1 沈阳市铁西区排污系统概化图

Fig.1 Pollutants discharging system outline of Tianxi catchment area in Shenyang city

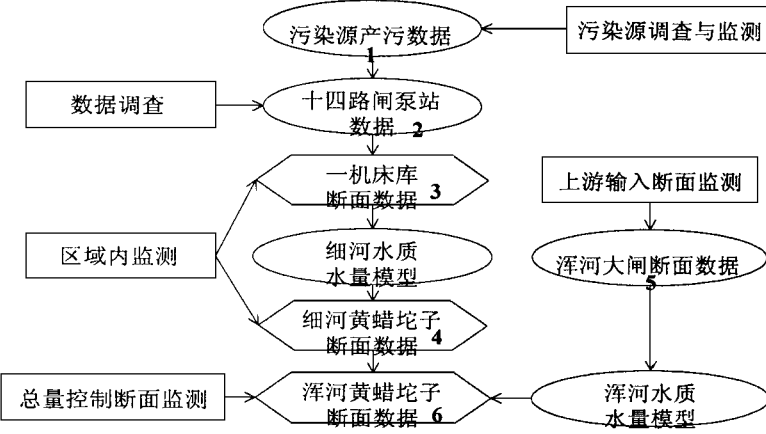


图 2 沈阳铁西区排污系统水污染物排放总量核定系统的影响图

Fig.2 Influence diagram of water total pollution load determining system of Tianxi catchment area in Shenyang city

十四路闸泵站的数据与一机床库断面的数据基本上是一致的 ,因为一方面它们都位于细

河的源头,另一方面泵站决定和控制了细河的污水流量,而且这一数据是相对可靠的,因为泵站有较为详细的水量调节记录.

3.3 细河的污染物稀释与水文特征分析

根据模型参数估值结果,COD的衰减系数为0.016(1/km),在78.2km距离内,COD的减少率最高为86.6%,平均为71.9%;细河主要由工业污水和少量生活污水构成,受自然因素影响较小,其设计流量主要受污水排放量的影响,全年各月的流量变化不大,平均流量为6.5 m³/s.

3.4 细河黄蜡坨子断面监测数据

经过参数估计与模型检验,COD在一机床断面的浓度是200 mg/L ~ 450 mg/L,在水温为2℃ ~ 25℃时,根据细河的COD水质模型计算得黄蜡坨子断面浓度为:(57.23,128.77) mg/L,而COD的负荷量为(1.17,2.64) × 10⁴ t/a.

3.5 浑河大闸断面数据分析

根据多年水文资料统计的月平均流量结合丰、平、枯所对应的COD_{Cr}的浓度值(35 mg/L,43 mg/L,91 mg/L,平均浓度46.56 mg/L),综合降减作用系数(*f*为0.27),得到全年的总量为4.16 × 10⁴ t,如表1.

3.6 浑河黄蜡坨子断面数据分析

表 1 浑河大闸的月平均流量与 COD_{Cr} 的过流量

Table 1 Monthly average flow of the Hunhedazha and the passed COD_{Cr}

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
COD _{Cr} × 10 ² /t	18.4	17.0	33.5	28.5	25.6	42.8	51.0	55.2	40.5	34.2	27.2	29.2	416

浑河黄蜡坨子断面的流量可以通过细河的流量并不是一个确定的量,所以计算结果也是一个与大闸的流量计算,如表2所示;细河输入的量不确定的范围值.

表 2 黄蜡坨子的月平均流量与 COD_{Cr} 的计算值与推算值 × 10²/t

Table 1 Monthly average flow, calculated COD_{Cr} value the and deduced COD_{Cr} of the Huanglatuozǐ

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均流量/ m ³ · s ⁻¹	14.3	13.7	20.7	18.6	29.5	44.9	64.1	68.9	52.3	36.2	30.9	18.9	35.2
COD _{Cr} 的计算值	22.6	21.7	32.7	29.4	39.0	59.4	39.9	42.9	32.5	47.9	40.8	29.9	439
COD _{Cr} 的推算值	20.5	19.4	31.5	27.8	25.7	38.3	44.3	47.3	36.6	32.0	26.9	28.4	379
	29.2	28.2	40.3	36.6	34.5	47.1	53.1	53.1	45.4	40.8	35.7	37.2	428

4 特征信息的可靠性度量与比较分析

4.1 系统局部各特征信息的可靠性度量

应用 Hartley 度量、非一致性度量、紊乱度量、无规范度量^[6]给出不确定性度量的结果并进行比较分析,如表3.其中集合基|*A*_{*i*}|的确定以各个特征量在可能的取值范围内的不确定性数据的跨度(即取值的上下限的比值)为依据,以上下限比值最小者作为基本的参照值给出;基础赋值 *m*(*A*_{*i*})的确定可以分为2个层次,一个层次是对污染源的产污与排污信息、十四路闸泵站的数据与一机床断面数据、细河黄蜡坨子断面数据、浑河大闸断面数据、浑河黄蜡坨子断面数据进行赋值,以便对这些同一类型的数

值进行不确定性比较,在这些数据之间仍然以不确定数据的归一化给出;另一个层次是对浑河黄蜡坨子断面的12个月数据特征值进行赋值,以便精确地对该断面数据进行可靠性度量和比较;置信度 *Bel*(*A*_{*i*})的确定则仍采用各个特征值的确定性量所占比例来确定;似然度 *Pl*(*A*_{*i*})的确定依据以上可靠性分析的结果,以均值分别与上下限进行比较,取与均值大的差值与均值求和,将这一数值作为分母,用均值去除以这一分母所得到的值即为似然度.根据表3,细河黄蜡坨子的数据信息最不可靠,这主要是因为细河一年内虽然其水量较为稳定,但其浓度变化较大,所以导致其污染物的输送不稳定;其次是污染源的产污数据信息也不可靠;浑河

黄蜡坨子断面数据的可靠性也较差,而浑河大 面的水文数据和水质监测资料. 闸的数据最为可靠,原因是浑河大闸有较为全

表 3 各种特征值的不确定性度量

Table 3 Uncertainty measurement of the every eigen-information

集合 (A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₅)	集合基 A	专家赋值				度量		
		m(A)	Bel(A)	Pl(A)	I _i (A)	E _i (m)	C _i (m)	V _i (m)
污染源的产污总量(A ₁)	9.4	0.26	0.83	0.9	3.23	0.04	0.07	0.84
十四路闸泵站(A ₂)								
与一机床断面(A ₃)	9.4	0.26	0.83	0.9	3.23	0.04	0.07	0.84
细河黄蜡坨子断面(A ₄)	11.3	0.32	0.56	0.85	3.51	0.08	0.268	1.12
浑河大闸断面数据(A ₅)	1	0.03	0.97	1.0	0	0	0.001	0
浑河黄蜡坨子断面(A ₆)	46.2	0.13	0.88	0.95	5.53	0.01	0.024	0.72
1996-01	6.7	2.3 %	0.72	0.77	2.74	0.008	0.01	0.063
1996-02	6.8	1.9 %	0.71	0.77	2.77	0.007	0.009	0.053
1996-03	6.8	4.2 %	0.79	0.82	2.77	0.012	0.014	0.116
1996-04	6.8	3.4 %	0.78	0.80	2.77	0.011	0.012	0.094
1996-05	10.2	6.8 %	0.75	0.90	3.35	0.010	0.028	0.228
1996-06	16.2	10.9 %	0.74	0.83	4.02	0.029	0.047	0.438
1996-07	10.2	17.0 %	0.75	0.90	3.35	0.026	0.071	0.570
1996-08	7.8	18.4 %	0.81	0.91	2.96	0.025	0.056	0.545
1996-09	9.9	13.1 %	0.72	0.89	3.31	0.022	0.062	0.434
1996-10	12.2	11.4 %	0.67	0.78	3.61	0.004	0.066	0.412
1996-11	10.7	6.9 %	0.66	0.75	3.42	0.029	0.041	0.236
1996-12	6.8	3.7 %	0.77	0.80	2.77	0.012	0.014	0.102
全年 Σ × 0.13						0.025	0.056	0.428

应用模糊逻辑运算^[3]进行整体的不确定性 (可靠性)度量,各部分信息的逻辑关系如图 3 所示.其中各个符号的含义为:s:表示整个系统;A₁:表示污染源的产污与排污信息;A₂:表示十四路闸泵站的数据信息;A₃:表示一机床断面数据信息;A₄:表示细河黄蜡坨子断面数据信息;A₅:表示浑河大闸断面的数据信息;A₆:表示浑河黄蜡坨子断面数据信息;图中 a 表示逻辑运算的转移过渡节.根据以上可靠性分析与度量的结果,对 A₁、A₄、A₅、A₆ 的可靠性分布值依据其对应的置信度与似然度以及它们的均值给出;而由于 A₂、A₃ 的基础信息缺乏,所以仍以较低的值给出,具体赋值结果如下:

$$P_{A_1} = (0.83, 0.865, 0.90), P_{A_2} = (0.1, 0.2, 0.3), P_{A_3} = (0.1, 0.2, 0.3), P_{A_4} = (0.56, 0.755, 0.85), P_{A_5} = (0.97, 0.985, 1.0), P_{A_6} = (0.88, 0.915, 0.95)$$

$$P_s = P_{A_1} \odot \{ ^\sim 1 \odot [(^\sim 1 \odot P_{A_2}) \odot (^\sim 1 \odot P_{A_3})] \}$$

$$\odot P_{A_4} \odot P_{A_5} \odot P_{A_6} = (0.07538, 0.2119, 0.3706)$$

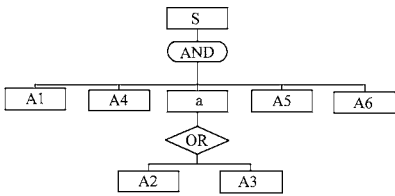


图 3 沈阳市铁西区排污系统
特征信息的逻辑结构图

Fig.3 Logic structure of eigen-information of Tianxi catchment area in Shenyang city

5 特征信息的数据价值分析^[10-12]

在以上分析的基础上,针对那些最不可靠或信息支持最薄弱的环节对系统进行改进,以便提高整个系统的可靠性.

(1)加强十四路闸泵站和一机床断面数据监测 假设将系统的初始分布值 P_{A_2} 、 P_{A_3} 由原来的(0.1, 0.2, 0.3)分别提高到(1.0, 1.0,

1.0)和(0.75, 0.85, 0.90),则系统的可靠性就可以由原来的(0.07538, 0.2119, 0.3706)提高到(0.3968, 0.5886, 0.7268);这一方案是较为经济的,因为泵站数据是可靠的,而且只要泵站正常运行,就可以得到其水量调节的记录数据.

(2)方案一 加细河黄蜡坨子断面的监测
假设细河黄蜡坨子断面的初始分布值可以由原来的(0.56, 0.755, 0.85)提高到(0.75, 0.85, 0.9),则系统的可靠性分布可以由原来的(0.07538, 0.2119, 0.3706)提高到(0.5314, 0.6627, 0.7695),这一方案也是有效方案,所需要的费用只是浓度监测费用,而不需要对水量进行监测,因为细河的水量是由十四路闸的泵站进行调节,4个季度的水量较为均等,只是4个季度由于污染源的产污变化较大,所以只是水质变化较大,故这一方案是较为经济的方案,可以有效对铁西区排污系统的污染物排污量起到校核作用.

(3)方案2 加污染源的调查与监测
由于污染源原来的分布值就已经较大了,所以提高它的分布值从理论上说对系统的可靠性改善影响不大,但是从实际系统分析可以知道,由于污染源的信息的可靠性大小不仅影响着其它特征信息的可靠性,而且从管理的角度来说,管理部门必须了解和掌握经常变化着的污染源产污与排污信息,所以对污染源应该加强调查与监测.行动方案一与方案二可靠性分布可以表示为如图4.

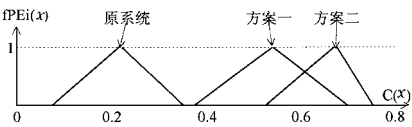


图4 系统可靠性分布

Fig.4 Distribution of the system reliability

6 污染物排放总量的监测与管理的改进措施与建议

从以上的数据价值分析可以知道,方案一与方案二都是极为有效的方案,其中方案一的重要性在于:一方面它是经济有效的,因为管理

部门对泵站的调查或监测只是针对确定的部位,与泵站工作人员配合容易完成数据的采集;另一方面由于泵站与细河源头(一机床断面)几乎是同一位置,所以详细了解这一信息有利于对重金属类污染物实施总量控制;而方案二重要的原因在于:不仅可以对细河的入浑河排污量有一个较为清晰的认识或识别,而且可以对沈阳铁西区排污系统的有机污染物进行总量控制作出有针对性的、及时的反应,并且可以进行有机污染物的校核和重金属类污染物的检验;而方案三(污染源的调查与监测)则是管理部门应该经常加强的环节,因为它的可靠性不但会影响到其它特征信息的可靠性,而且会影响到管理部门对污染物管理的效率;因为方案三实际上反映了管理部门对污染源的监督与管理.

参考文献:

- 1 Shachter R D. Evaluating Influence Diagrams. Operations Research. 1986, 34(6), 871 ~ 882.
- 2 Thomas E Mckone, Kenneth T Bogen. Predicting the Uncertainties in Risk Assessment. Environ. Sci. Technol., 1991, 25(10): 1674 ~ 1681.
- 3 Olivier Klepper. Multivariate Aspects of Model Uncertainty Analysis: Tools for Sensitivity Analysis and Calibration. Ecological Modelling. 1997, 101: 1 ~ 13.
- 4 Salam M N, Street P R, Jones J G W. Potential Production of Boro Rice in Haor Region of Bangladesh, 1. The simulation model, Validation and sensitivity analysis. Agric. Syst., 1994, 46: 257 ~ 278.
- 5 Hollis J Call, William A Miller. A Comparison of Approaches and Implementations for Automating Decision Analysis. Reliability Engineering and System Safety. 1990, 30: 115 ~ 162.
- 6 George J Klir, Tina A Folger. Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988.
- 7 Singer D. A Fuzzy Set Approach to Fault Tree and Reliability Analysis. Fuzzy Sets and Systems. 1990, 34: 145 ~ 155.
- 8 Suresh P V, Babar, A K, Venkat Raj V. Uncertainty in Fault Tree Analysis: A Fuzzy Approach, Fuzzy Sets and Systems, 1996, 83: 135 ~ 141.
- 9 Liang G S, Wang M J J. Fuzzy Fault Tree Analysis Using Failure Possibility. Microelectronics and Reliability. 1993, 33: 183 ~ 597.
- 10 Sharif A Heger, Janis E White. Using Influence Diagrams for Data Worth Analysis. Reliability Engineering and System Safety. 1997, 55: 195 ~ 202.
- 11 Maddock T. Management Model as A Tool for Studing the Worth of Data. Water Resources Research. 1973, 9: 270 ~ 280.
- 12 Freeze R A B, Massman J, Sperling T, Smith L. Hydrological Decision Analysis: 4, The Concept of Data Worth and Its Use in the Development of Site Investigation Strategies, Ground Water. 1992, 30(4): 574 ~ 588.