

改进的尼梅罗污染指数法及其应用 ——以磐石市地下水环境质量评价为例

马成有^{1,2}, 曹剑锋¹, 姜纪沂¹, 平建华¹

(1. 吉林大学环境与资源学院, 吉林 长春 130026 2. 吉林大学农学部, 吉林 长春 130062)

摘要 通过对传统尼梅罗污染指数法进行分析, 指出其缺点, 并对其作出改进, 提出了一种污染等级的划分方法。将改进的尼梅罗指数法应用于磐石市地下水环境质量评价, 结果表明改进的方法更客观、合理。

关键词 水质评价 ; 尼梅罗指数 ; 污染等级 ; 权重系数

中图分类号 X824 **文献标识码** : A **文章编号** : 1004-6933(2006)04-0053-03

Application of improved Nemerow index method to evaluation of groundwater quality in Panshi City

MA Cheng-you^{1, 2}, CAO Jian-feng¹, JIANG Ji-yi¹, PING Jian-hua¹

(1. College of Environment and Resource, Jilin University, Changchun 130026, China ; 2. Agricultural Department, Jilin University, Changchun 130062, China)

Abstract : Through analysis, the disadvantages of the traditional Nemerow index method were pointed out, and an improved method to divide pollution levels was brought forward. The application of the improved Nemerow index method to the evaluation of the groundwater quality in Panshi City shows more objective and logical results.

Key words : water quality evaluation ; Nemerow index ; pollution level ; weight coefficient

水是环境状态的主导因子, 也是人类赖以生存的重要资源之一。对水环境质量做出正确、合理的评判, 这将为水资源的分配、利用、保护、规划、管理, 水污染防治提供科学依据。

目前用于水环境质量评价的方法主要有综合污染指数法、灰色聚类分析法、系统聚类分析法、模糊综合评判法、综合评价法以及人工神经网络法等几种。

每种方法各有优缺点。尼梅罗综合污染指数法在具备许多优点的同时, 也存在一些问题, 为此对其进行改进, 并将改进方法应用于吉林省磐石市地下水环境质量评价, 收到了良好的效果。

1 原 理

1.1 传统的尼梅罗综合污染指数计算公式^[1-2]

$$P_j = \sqrt{\frac{F_{\max}^2 + \bar{F}^2}{2}}$$

其中 $F_{\max} = \max \{c_i/s_{ij}\}$ 。

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i/s_{ij}}{n} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m$$

式中 : P_j 为第 j 种用途的尼梅罗综合污染指数 ; $\bar{F}$ 为 c_i/s_{ij} 比值加和之后的平均值 ; $F_{\max}$ 为 c_i/s_{ij} 比值中最大的一项 ; c_i 为第 i 种污染因子的实测浓度 ; s_{ij} 为第 i 种污染因子 j 种用途的标准值。

当 $c_i/s_{ij} > 1$ 时, $P' = 5, c_i/s_{ij} = 1 + P' \lg(c_i/s_{ij})$; 当 $c_i/s_{ij} \leq 1$ 时, 用 c_i/s_{ij} 的实际值。

传统的尼梅罗综合污染指数法将水体用途分为三类, 总指数 $P_{\text{总}}$ 是待测水体各项污染因子实测值与各不同用途水体标准值的统计之后得出的对应于各用途水体的尼梅罗综合污染指数, 并且对这些指数再进行加权平均得到的总指数。在传统的尼梅罗综合污染指数公式中 : $j = 3$, 规定 I 类用途权重为 0.4, II 类用途为 0.4, III 类用途为 0.2, 所以 $P_{\text{总}} = 0.4P_1 + 0.4P_2 + 0.2P_3$ 。并且指定了污染等级的划

分： $P_{总} > 1$ ，水质污染较严重； $0.5 \leq P_{总} \leq 1$ ，水质已受到污染； $P_{总} < 0.5$ 水质未受污染。

此公式除考虑影响水质的一般污染因子，还考虑了极大值对水质污染的影响。

所以尼梅罗公式具有如下缺点：①过分突出极大值对水质污染的影响；②未考虑次大值对水质污染的影响；③未考虑危害性最大的污染因子对水质的影响。

1.2 改进的尼梅罗综合污染指数计算公式
计算公式为

$$P'_j = \sqrt{\frac{F'^2_{max} + \bar{F}^2}{2}}$$

其中： $F'_{max} = \frac{F_{max} + F_w}{2}$ 。

式中： P'_j 为第 j 种用途的改进的尼梅罗指数； F_w 为权重值最大的污染因子的 c_i 与 s_{ij} 比值，其他符号意义同上。

极大值未必影响最大，污染因子的危害性与排放标准呈大致的反比例关系，所以在改进公式中体现了危害性最大的污染因子对水质的影响，具体体现在权重值上。

改进的尼梅罗指数法的指数是指待测水体各项污染因子实测值与某一指定的水体标准值的统计结果，但不进行不同用途的加权统计。从国家最新颁布的水环境质量标准中选定某一水体标准，以选定的水体为基准，计算其他各类标准水体尼梅罗指数并结合各类水体的特点进而划分污染等级。同样以选定的水体标准为基准进行待测水体尼梅罗指数计算，评价待测水体质量。

改进的尼梅罗指数法具有如下特点：

- a. 以国家最新水环境质量标准划分污染等级。污染等级的划分随标准改变而改变，具有时代性。
- b. 待测水体尼梅罗指数的计算方法，与划分污染等级时各类标准水体尼梅罗指数的计算方法相同，所采用的基准也一样，具有同一性。
- c. 考虑了水体中危害性最大的污染因子对水质的影响。

1.2.1 污染因子权重值的求法

各种污染物对环境及人体的危害程度有很大差别，一般地，某些污染因子的危害性与该污染因子的排放标准基本呈反比例的内在关系^[3-4]。具体方法如下：

将各种污染因子 s_i 的排放标准按由小到大的顺序排列 $s_1, s_2, \dots, s_n$ ，将其最大值 s_{max} 同 s_i 比较，并令 R_i 表示第 i 种污染因子的相关性比值，则：

$$R_i = \frac{s_{max}}{s_i}$$

令

$$w_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

式中： w_i 为第 i 种污染因子的权重值，显然 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。

1.2.2 污染等级的划分

污染等级的划分很重要。采用一个客观、准确的污染等级，能准确评价出水体污染程度。污染等级的划分应该有标准。所以以国家标准为基准计算出来的尼梅罗污染指数，也应以同样的国家标准进行污染等级划分。

从地下水环境质量标准中选择与待评价水体相同的污染因子，采用与计算尼梅罗污染综合指数相同的计算方法，计算地下水环境质量标准中各类水相应的尼梅罗污染综合指数，根据这些综合指数以及各类水的污染类型，确定污染等级。

2 应用

2.1 污染因子权重值的求法

在磐石市地下水环境质量评价过程中是以 GB/T 14848—93《地下水质量标准》中的Ⅲ类水质标准为基准进行计算的，所以权重值也是对Ⅲ类水质标准进行计算而获得的，计算结果见表 1。

表 1 地下水污染因子权重值 w_i

污染因子	水质标准/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	w_i	污染因子	水质标准/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	w_i
总硬度	≤ 450	3.86×10^{-6}	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	≤ 20	8.67×10^{-5}
SO_4^{2-}	≤ 250	6.94×10^{-6}	$\text{NO}_2^- - \text{N}$	≤ 0.02	0.087
Cl^-	≤ 250	6.94×10^{-6}	$\text{NH}_3 - \text{N}$	≤ 0.2	0.008 7
挥发酚分类	≤ 0.002	0.87	F^-	≤ 1.0	0.001 7
COD_{Mn}	≤ 3.0	5.78×10^{-4}	CN^-	≤ 0.05	0.035

由表 1 可知，在 10 项污染因子中，挥发酚（以苯酚计）项权重值最大。

2.2 污染等级的划分^[5]

评价标准选用 GB/T 14848—93《地下水质量标准》，以地下水环境质量标准中的Ⅲ类水为基准，并选取 10 项污染因子进行尼梅罗污染综合指数计算并结合各类水的特点进而划分污染等级，结果见表 2。

表 2 尼梅罗污染指数与水质类别的对应关系

水质类别	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
尼梅罗指数 P	< 0.41	$0.41 \leq P < 0.55$	$0.55 \leq P < 1$	$1 \leq P < 3.72$	≥ 3.72

2.3 评价结果

计算待测水体的尼梅罗污染综合指数，确定待测地下水的污染程度，评价结果见表 3。

表 3 2004 年 11 月磐石市地下水评价结果

采样 地点	污 染 因 子										尼梅罗 指数 <i>P</i>
	总硬度	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	挥发酚类	COD _{Mn}	NO ₃ ⁻ -N	NO ₂ ⁻ -N	NH ₃ -N	F	CN	
奶牛场	186	11.30	7.5	0.002	1.08	1.129 0	0	0	0.30	0.002	0.72
种畜场	140	9.03	25.0	0.002	0.65	11.290 0	0.001 217	0	0.30	0.002	0.73
团 结	142	4.52	30.0	0.002	2.05	11.290 0	0.002 435	0	0.30	0.002	0.81
发展屯	139	4.52	39.6	0.002	1.41	2.258 1	0.002 435	0	0.68	0.002	0.74
北胜利	235	18.70	95.0	0.002	3.68	13.548 4	0	0.108 9	0.17	0.002	0.79
王 家	106	4.52	33.7	0.002	1.41	0.903 2	0.008 522	0	0.26	0.002	0.73
市政府	424	13.60	140.0	0.002	2.49	1.129 0	0	0	0.26	0.002	0.83
磨盘山	266	0.19	99.0	0.002	0.76	1.354 8	0.008 522	0	0.28	0.002	0.74

注 污染分级为Ⅲ类。

由表 3 并结合 GB/T 14848—93《地下水质量标准》可以看出:种畜场、团结、北胜利 3 个采样点 NO₃⁻-N 可划为地下水环境质量标准中的Ⅲ类;市政府采样点 COD_{Mn}和总硬度两项污染因子都可划为Ⅲ类;除团结外的其他采样点挥发酚都划为Ⅲ类,团结为Ⅳ类;北胜利在 COD_{Mn}为Ⅳ类;所有采样点在其他单项污染因子上多为Ⅰ,Ⅱ类。可见,由改进的尼梅罗指数评价所得结果还是很客观的。

3 结 论

尼梅罗综合污染指数法的改进主要体现在两方面:

- a. 不只是考虑了 c_i/c_{ij} 极大值对水质的影响,还考虑了危害性较大的污染因子对尼梅罗指数的贡献。
- b. 将国家标准与待测水体采用相同的数学处理方法,污染等级的划分比较客观。

采用 GB/T 14848—93《地下水质量标准》中规定的地下水评价方法——加附注的评分法,对磐石市地下水进行评价^[1],其结果与用改进的尼梅罗指数公式所得的评价结果进行对比,结果见表 4。

表 4 两种方法评价结果

采样地点	综合评价分值 <i>F</i>	分类	尼梅罗指数 <i>P</i>
奶牛场	2.16	良好	0.72
种畜场	2.19	良好	0.73
团 结	4.35	较差	0.81
发展屯	2.17	良好	0.74
北胜利	4.42	较差	0.79
王 家	2.17	良好	0.73
市政府	2.25	良好	0.83
磨盘山	2.17	良好	0.74

注 污染分级为Ⅲ类。

从表 4 可以看出:加附注的评分法将北胜利和团结 2 个采样点划分为较差。团结和北胜利 2 个采样点均仅有 1 个单项污染因子可划为地下水环境质量标准中的Ⅳ类(团结采样点为挥发酚,北胜利采样点为 COD_{Mn})。其实是加附注的评分法过分夸大了极大值的作用。所以改进的尼梅罗指数法更能客观

地反映地下水水质状况。

参考文献:

[1] 高健磊,吴泽宁,左其亭,等.水资源保护规划理论与方法与实践[M]. 郑州:黄河水利出版社,2002:87-89.
[2] 谷朝君,潘颖,潘明杰.内梅罗指数法在地下水水质评价中的应用及存在问题[J].环境保护科学,2002,28(1):45-47.
[3] 杨贤智,李景锟,廖延梅.环境管理学[M].北京:高等教育出版社,1990:185.
[4] 万国江.环境质量的地球化学原理[M].北京:中国环境科学出版社,1988:55-195.
[5] 魏民,姚永慧.鲁中南地区矿业环境评价[J].地球科学,1999,24(5):549-552.

(收稿日期:2005-02-01 编辑:徐娟)

(上接第 35 页)干扰程度有限,且该生态体系对工程建设有一定的抗干扰能力,建设中干扰较大的黄河谷地的生态恢复能力仍较强。电站建成以后,对受保护的植物与群落不会产生影响,对生态系统也不会产生明显影响。该工程在全过程环境监理和认真执行环境保护措施后对生态环境的影响是可以接受的。

参考文献:

[1] 中国科学院西北高原生物研究所.青海经济动物志[M]. 西宁:青海人民出版社,1989.
[2] 中国科学院西北高原生物研究所.青海省植被图[M]. 北京:中国科学技术出版社,1990.
[3] 李懿媛,张瑞修.黄河上游已建水电站的环境效益[J].中国三峡建设,2003(1):33-35.
[4] 王欣.漫湾水库水温水质的回顾评价[J].水电站设计,1998,15(3):71-75.
[5] 刘兰芬.河流水电开发的环境效益及主要环境问题研究[J].水利学报,2002(3):121-128.
[6] 黄祖亚,蔡品彦.水口水电站对闽江水环境影响的研究[J].水文,2001,21(增刊):46-49.
[7] 张荣.澜沧江漫湾水电站生态环境影响回顾评价[J].水电站设计,2001,17(4):27-32.
[8] 戴松晨.宝珠寺水库蓄水前后水温、水质变化回顾分析[J].水电站设计,2001,17(4):58-60.

(收稿日期:2005-01-12 编辑:傅伟群)