

内梅罗指数评价法的修正及其应用

李亚松, 张兆吉, 费宇红, 王 昭

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北 石家庄 050061)

摘要 针对目前采用内梅罗指数法评价地下水质量过程中存在的问题, 考虑毒性金属的积累效应, 引入权重值概念, 对内梅罗指数法进行改进, 并将改进前后 2 种方法应用于深泽县研究区地下水质量评价。结果表明, 改进的内梅罗指数法可以在一定程度上消除极大值的影响, 并提高毒理指标的影响程度, 能够对地下水质量进行较为合理的评价。

关键词 地下水质量评价; 改进的内梅罗指数法; 权重值

中图分类号: X824 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2009)06-0048-03

Improvement of Nemerow index method and its application

LI Ya-song, ZHANG Zhao-ji, FEI Yu-hong, WANG Zhao

(Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract In order to solve problems in evaluating groundwater quality with the Nemerow index method, the traditional Nemerow index method was improved by considering the accumulation effect of poisonous metals and introducing concept of weighting value. Two methods were used to evaluate groundwater quality in Shenze County. The results show that the improved method can eliminate the influence of the maximum number to a certain extent, increase the influence of the toxicant index, and lead to a reasonable evaluation result.

Key words groundwater quality evaluation; improved Nemerow index method; weighting value

地下水不仅是人们日常用水的主要来源, 同时也是复杂生态环境系统中敏感的组成因子之一。地下水的变化往往会影响生态环境系统的天然平衡状态。鉴于地下水在生物圈和地质环境中的特殊地位, 对地下水质量进行全面合理的评价显得尤为重要。

1 方法概述

目前用于地下水质量评价的方法主要有内梅罗指数法、模糊数学综合评价法、灰色聚类分析法以及人工神经网络法等几种, 其中内梅罗指数法是国家技术监督局于 1994 年实施、2007 年修订的 GB 14848—2007《地下水质量标准》^[1]中推荐的方法。该方法在具备许多优点的同时也存在着一些问题。为此, 笔者对内梅罗指数法进行深入剖析, 提出了改

进方法, 并应用于典型区, 在对比 2 种方法的同时得到一个翔实的水质评价结果。

1.1 内梅罗指数法

利用内梅罗指数法进行地下水质量评价, 可分为 3 个步骤。

a. 首先进行各单项组分评价, 划分组分所属质量类别, I ~ V 类水对应的单项组分评分值 F_i 分别为 0、1、3、6、10。

b. 选用内梅罗指数计算公式计算综合评分值 F :

$$F = \sqrt{(F_{\max}^2 + \bar{F}^2)}/2$$

其中

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$$

式中: F_{\max} 为单项组分值 F_i 的最大值; \bar{F} 为各单项

组分评分值 F_i 的平均值 ; n 为项数。

c. 根据 F 值按表 1 规定划分地下水质量级别。

表 1 地下水质量分级标准

级别	优良	良好	较好	较差	极差
F	<0.80	0.80~2.50	2.50~4.25	4.25~7.20	>7.20

1.2 利弊分析

内梅罗指数法的优点是数学过程简洁,运算方便,物理概念清晰。对于一个评价区,只需计算出它的综合指数,再对照相应的分级标准,便可知道该评价区某环境要素的综合环境质量状况,便于决策者做出综合决策^[2]。

但是内梅罗指数法同样也存在着许多问题,比如过分突出极大值对水质污染的影响,评价项目中即使只有一项指标 F_i 值偏高,而其他指标 F_i 值均较低也会使综合评分值偏高^[3]。这种“一票否决”式的方法在评价工作要求日趋严谨和完善的情况下,显然不太客观。如果考虑不同评价因子对环境的毒性、降解难易及去除性难易程度等因素,那么同处一个质量级别的不同污染因子的 F_i 值应区别对待,即增加权重因素。

2 内梅罗指数法的改进

2.1 基本构思

针对内梅罗指数法的一些缺陷,笔者对其运算过程做出了相应的修正:①由于最大值未必对人类健康的威胁程度最大,基本上污染因子的危害性与其Ⅲ类标准呈大致的反比例关系,所以在改进公式中通过引入权重值概念体现危害性最大的污染因子对水质的影响;②权重值较大指标一般为毒性金属和难降解的有机物,其中毒性金属是一类典型的积累性污染物,可通过食物链逐渐传递富集,在某些条件下可以转化为毒性更大的金属有机化合物,过高的重金属浓度会对动植物生长和人类健康产生显著影响,所以重金属的积累效应对于评价结果的影响不容忽视。

2.2 计算方法

a. F_{\max} 的修正:

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

其中

$$F_w = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{m}$$

式中: F_w 为权重值前 n 项组分的平均评分值, n 值根据评价数据确定; F_i 为前 n 项组分的评分值; m 为前 n 项中 $F_i \geq 1$ 的项数。

将 F'_{\max} 代替原公式中 F_{\max} 可得出评分值 F' , 对照表 1 即可得出评价结果。

b. 权重值 W_i 的计算:

将各种评价因子 S_i 的Ⅲ类水标准按由小到大的顺序排列,将其最大值 S_{\max} 同 S_i 比较,并令 R_i 为第 i 种评价因子的相关性比值,则:

$$R_i = \frac{S_{\max}}{S_i}, \quad W_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

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

3 应用实例

在“华北平原地下水污染调查评价”中,对山前平原深泽县进行了地下水质量评价方法的剖析。

3.1 研究区概况

研究区深泽县位于太行山东麓,北纬 $38^{\circ}7' \sim 38^{\circ}17'$,东经 $115^{\circ}4' \sim 115^{\circ}21'$ 之间,属山前平原,地势变化平缓,滹沱河、磁河、木刀沟自西而东贯穿。该区地下水赋存于第四系含水层,属孔隙潜水型,靠大气降水垂直入渗、地表水入渗和西部潜流方式补给,以人工开采、地下径流和天然蒸发方式排泄。

20 世纪 80 年代以来,村办企业不断增多,并大都建立在透水性好、水量充足的河流两岸,河床多为砂性土,大量工业及生活废水通过无防渗的沟渠排入河流,使得污染物随水连续渗漏,以直接或间接的方式进入地下含水层,造成地下水,特别是浅层地下水的污染。虽然深泽县排污企业较少,但是其境内的 3 条河流,尤其是滹沱河和磁河,已经没有天然径流,成为上游化工厂、皮革厂、造纸厂等企业的排污渠,木刀沟由于人为强制断流,已经在 4 号取样点附近形成了一个污水渗坑(图 1),对两岸居民生活造成了很大的影响。

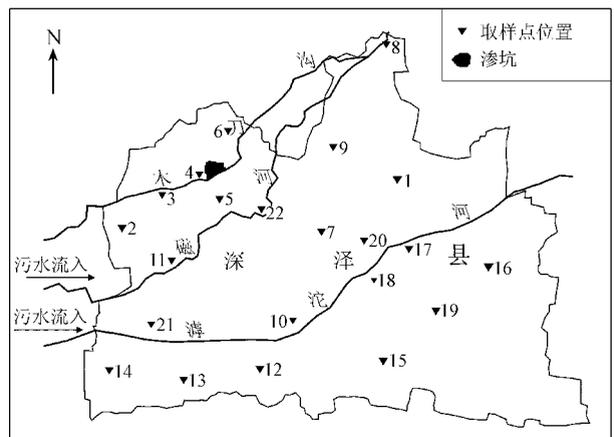


图 1 取样点分布

3.2 取样与测试

研究中对覆盖深泽全区的 22 个观测井进行了调查取样,取样点分布见图 1。全部样品均采自地下水含水层,并在规定时间内送至中国地质科学院水文地质环境地质研究所测试中心测试。

3.3 评价

为同原内梅罗指数法进行对比,笔者利用修正前后 2 种方法对测试结果进行评价。评价因子选 pH、Mn、Cl⁻、SO₄²⁻、总硬度、TDS、COD_{Mn}、NH₄⁺-N 和 NO₂⁻-N 等 9 项感官性状及一般化学指标;As、Cd、Cr⁶⁺、Pb、Hg、F⁻ 和 NO₃⁻-N 等 7 项毒理指标,按改进的方法分别对评价因子进行权重值计算。

由表 2 可知,Hg 的权重值最大,为 0.698,且权重值较大的前 5 项指标均为毒性金属,为此笔者选择 Hg、Cd、Cr⁶⁺、Pb 和 As 等 5 项指标共同参与评价。

表 2 权重值计算结果

评价因子	水质标准/ (mg·L ⁻¹)	权重值	评价因子	水质标准/ (mg·L ⁻¹)	权重值
Mn	≤0.3	2.33 × 10 ⁻³	Cd	≤0.005	0.140
Cl ⁻	≤250	2.79 × 10 ⁻⁶	Pb	≤0.01	0.070
SO ₄ ²⁻	≤250	2.79 × 10 ⁻⁶	Hg	≤0.001	0.698
总硬度	≤450	1.55 × 10 ⁻⁶	F ⁻	≤1.0	6.98 × 10 ⁻⁴
TDS	≤1000	6.98 × 10 ⁻⁷	NO ₃ ⁻ -N	≤10	6.98 × 10 ⁻⁵
COD _{Mn}	≤3.0	2.32 × 10 ⁻⁴	NH ₄ ⁺ -N	≤0.5	1.40 × 10 ⁻³
As	≤0.01	0.070	NO ₂ ⁻ -N	≤0.2	3.49 × 10 ⁻³
Cr ⁶⁺	≤0.05	0.014			

3.4 评价结果

由表 3 可见,经改进的内梅罗指数法评价后,有 6 个取样点评价结果发生了变化,除 10 号点由极差改为较好外,其余 5 个取样点均由较差变为较好。改进的内梅罗指数法不仅考虑了毒性金属的权重值,同时削弱了极大值的影响。此结果考虑到参评指标权重以及居民后期处理难易程度,可以客观反映地下水质量,正确引导当地居民合理利用地下水。

表 3 深泽县地下水质量评价结果

编号	原方法	改进方法	编号	原方法	改进方法
1	Ⅱ级	Ⅱ级	12	Ⅱ级	Ⅱ级
2	Ⅱ级	Ⅱ级	13	Ⅱ级	Ⅱ级
3	Ⅱ级	Ⅱ级	14	Ⅱ级	Ⅱ级
4	V级	Ⅳ级	15	Ⅱ级	Ⅱ级
5	Ⅱ级	Ⅱ级	16	Ⅱ级	Ⅱ级
6	I级	I级	17	V级	Ⅳ级
7	I级	I级	18	Ⅳ级	Ⅲ级
8	Ⅱ级	Ⅱ级	19	Ⅱ级	Ⅱ级
9	Ⅱ级	Ⅱ级	20	I级	I级
10	V级	Ⅲ级	21	Ⅱ级	Ⅱ级
11	V级	Ⅳ级	22	Ⅳ级	Ⅲ级

评价结果表明,深泽大部分地区地下水水质良好,部分地区地下水质量优良,但是位于木刀沟渗坑旁的 4 号点、磁河沿岸的 11 号点、滹沱河沿岸的 17 号点所采集的地下水样品,评价结果都不乐观。其中 4 号点靠近渗坑,11 号点和 17 号点紧挨河道,由于当地土壤岩性多为砂性土,渗透系数比较大,污染物通过垂直入渗或河道测渗,已经对其附近的地下水造成了污染。可以看出,上游工厂所排污水经河道入渗,已经对当地河流沿岸地下水环境造成了一定的影响,对于远离河道区域,地下水水质评价结果虽然比较乐观,但是由于重金属指标的普遍检出,也存在一些隐患。

改进的内梅罗指数法由于考虑了权重因素,相对原方法较为客观。但是改进方法同原方法都存在一个固有的问题,即其描述的环境质量是非连续的,分级标准建立在二值逻辑基础上,它的截然型和非连续性会造成相差很小的污染强度值处于两类完全不同的级别中,而相差很大的污染强度值可能会处于同一级别中,在以后的工作中要针对这一问题进行研究。

4 结论

内梅罗指数法是目前地下水质量评价最常用的方法,但在毒理性不强的水化学指标偏高的影响下,评价结果经常显示为水质极差,给用水者带来一定的心理负担。笔者通过引入权重值的概念,考虑到毒性重金属的积累效应对生物链的影响,提出了改进的内梅罗指数法,并将改进的方法应用于山前平原深泽县研究区,结果表明该法能够在一定程度上消除极大值影响,并提高毒理指标的影响。当然改进的内梅罗指数法还是存在数值不连续等局限性,还需对其进行进一步的探索。

参考文献:

- [1] GB 14848—2007 地下水质量标准[S].
- [2] 王博, 韩合. 内梅罗指数法在水质评价中的应用及缺陷[J]. 中国城乡企业卫生, 2005(6):16-17.
- [3] 谷朝君, 盘颖. 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(2):45-47.

(收稿日期 2008-10-19 编辑 徐娟)