

修正内梅罗指数法和模糊综合评判法在 凤凰镇地下水水质评价中的应用

陈朋, 王家鼎, 袁亮, 许元珺, 司冬冬

(大陆动力学国家重点实验室 西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069)

摘要: [目的] 采用不同的评价方法, 评价陕西省南部凤凰镇地下水水质, 为该古镇水土保持工作的进一步开展提供科学依据。[方法] 以凤凰镇 2015 年 10 月枯水期水质监测数据为基础, 选取总硬度和硫酸盐等 11 个水质评价指标, 分别采用单指标评价法、综合指标评价法、常规及修正内梅罗污染指数法及模糊综合评判法进行地下水水质评价。[结果] 对各种评判方法的具体运用过程进行了全面介绍。结果显示, 5 种方法评价的水质类型有一定的出入, 但通过对比分析认为常规、修正内梅罗污染指数法和模糊综合评判法在凤凰镇水质评价中具有较好的适用性。[结论] 模糊综合评判法评价结果更加真实可靠, 更能准确评价凤凰镇地下水水质。

关键词: 综合指标评价法; 内梅罗污染指数法; 模糊综合评判法; 地下水水质; 凤凰镇

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2017)02-0165-06

中图分类号: P641.6

文献参数: 陈朋, 王家鼎, 袁亮, 等. 修正内梅罗指数法和模糊综合评判法在凤凰镇地下水水质评价中的应用[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2):165-170. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.025; Chen Peng, Wang Jiading, Yuan Liang, et al. Application of Modified Nemerow Index and Fuzzy Comprehensive Evaluation Method on Groundwater Quality Evaluation in Fenghuang Town[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2):165-170. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.025

Application of Modified Nemerow Index and Fuzzy Comprehensive Evaluation Method on Groundwater Quality Evaluation in Fenghuang Town

CHEN Peng, WANG Jiading, YUAN Liang, XU Yuanjun, SI Dongdong

(State Key Laboratory of Continental Dynamics, Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China)

Abstract: [Objective] To select different evaluation methods for evaluating groundwater water quality of Fenghuang Town in Southern Shaanxi Province, and to provide a scientific basis for the further development of soil and water conservation work. [Methods] Based on dry season water quality monitoring data of Fenghuang Town in October 2015, selecting total hardness and sulphate etc. eleven water quality evaluation indexes, respectively, using the single index evaluation method, the comprehensive index evaluation method, regular and modified Nemerow pollution index method and fuzzy comprehensive evaluation method were used to evaluate groundwater quality. [Results] This paper comprehensively introduced the application process of each evaluation method. The five kinds of methods used in evaluating the water quality were the similar. But through the analysis of contrast, regular, modified Nemerow index method and fuzzy comprehensive evaluation method water quality evaluation have good applicability about water evaluation in the Fenghuang Town. [Conclusion] Fuzzy comprehensive evaluation results are more reasonable and reliable, which can evaluate groundwater water quality of Fenghuang Town more accurately.

Keywords: comprehensive index evaluation method; Nemerow pollution index method; fuzzy comprehensive evaluation method; groundwater quality; Fenghuang Town

收稿日期: 2016-07-09

修回日期: 2016-09-29

资助项目: 国家自然科学基金项目“车辆长持时振动荷载作用下黄土滑坡机理研究”(41372269); 中国地质调查局地质调查项目(121201011000150022)

第一作者: 陈朋(1991—), 男(汉族), 甘肃省陇南市人, 硕士研究生, 研究方向为水文地质工程地质。E-mail: 9444723237@qq.com。

通讯作者: 王家鼎(1962—), 男(汉族), 陕西省蓝田县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事水文地质工程地质等方面的研究。E-mail: wangjd@nwu.edu.cn。

水是地球上的基本物资。它作为生命之源,孕育了五彩缤纷的世界,提供给我们生命的能量。但近年来,随着经济社会的发展,加之水资源的不合理开发,地下水污染越来越严重。因此,改善水质、水土保持及水环境保护已迫在眉睫,而采用合理的评价方法,合适准确地反映水质质量,是解决这一问题基础。但水质监测数据量大,动态因素多,且规律性差,于是地下水水质评价成了一个非常困难的工作。目前地下水水质评价的方法主要有单指标评价法^[1]、综合指标评价法^[2]、内梅罗污染指数法^[3]及模糊数学评判法^[4]等。另外,应用较多的方法还有物元法^[5]、人工神经网络法^[6]、层次分析法^[7]、主成分分析法^[8]等。本研究以柞水县凤凰镇的地下水为研究对象,根据研究区地下水水质评价特点,采用单指标、综合指标评价法、常规、修正内梅罗污染指数法及模糊综合评判法进行评价。18个监测孔的评价结果表明,凤凰镇地下水污染程度较小,约占监测总数90%的监测孔孔内水质达到良好级别。

1 评价方法及原理

1.1 单项指标评价法

首先把各评价污染因子与《地下水环境质量标准》(GB/T14848-1993)推荐方法中 I—V 类标准进行对比,然后将各评价因子划分所属质量类别。在评价时若不同类别评价因子评价标准相同时应遵循从优不从劣的原则,即一个因子既可认定为优质标准又可认定为劣质标准时首选为优质标准。最后,选择该组评价单个因子类别最差的类别作为该组水的水质类别。

1.2 综合指标评价法

综合指标评价法计算过程简单,操作易实现。首先将评价因子跟《地下水环境质量标准》(GB/T14848-1993)中水质评分标准表(表 1)对比,然后划分各评价因子所属类别并对各个评价因子打分获得该组各个评价因子的单项分值 Q_i ;然后,在评价因子单项分值 Q_i 选取分值最大值为 Q_{\max} ;再次,将单项分值 Q_i 取平均值为 Q_{ave} 。最后,将上述获得的 Q_{\max} , Q_{ave} 代入公式(1)–(2)计算各评价污染因子综合分值 Q ,将其与水质评分标准表(表 1)对比,即可得到该组水的水质类别及水质级别^[9]。

$$Q = \sqrt{\frac{Q_{\max}^2 + Q_{\text{ave}}^2}{2}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{ave}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Q_i \quad (2)$$

$$Q_{\max} = \max\{Q_1, Q_2, \dots, Q_m\} \quad (3)$$

式中: Q ——综合指标评价分值; Q_i ——各单项污染指标评分值, $i=1,2,\dots,m$; Q_{\max} —— Q_i 的最大值; Q_{ave} —— Q_i 的平均值; m ——参与评价的指标个数,本文 $m=11$ 。

表 1 地下水水质评分标准

类别	Q_i	级别	Q
V	10	极差	$[7.20, +\infty)$
IV	6	较差	$[4.25, 7.20)$
III	3	较好	$[2.50, 4.25)$
II	1	良好	$[0.80, 2.50)$
I	0	优良	$[0.0, 0.80)$

1.3 常规内梅罗污染指数评价法

内梅罗污染指数这一概念于《河流污染科学分析》一书中首次提出^[10],该书由美国叙拉古大学内梅罗(Nemerow)教授于 1974 年著。内梅罗污染指数评价法有评价过程简便及评价结果针对性强等特点,所以被广泛用于水质评价领域。评价过程与综合指标评价法类似,通常先计算评价因子的内梅罗污染指数,然后将其与标准污染指数表对比,最后确定水质类别。常规内梅罗污染指数计算公式如(4)–(6)所示:

$$N = \sqrt{\frac{N_{\max}^2 + N_{\text{ave}}^2}{2}} \quad (4)$$

$$N_{\text{ave}} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m N_j \quad (5)$$

$$N_j = \frac{C_j}{S_{jk}} \quad (6)$$

式中: N ——评价指标常规内梅罗综合指数; N_j ——评价指标单项内梅罗指数; N_{\max} —— N_j 中的最大值, $j=1,2,\dots,m$; N_{ave} —— N_j 的平均值; c_j ——第 j 个评价指标实测浓度; s_{jk} ——第 i 种污染指标在 k 类水质下的浓度标准值,文中取第 III 类水的水质标准^[11]。

1.4 修正的内梅罗污染指数评价法

查阅以往的水质评价结果发现,有些评价指标(如碳酸盐、氯化物)浓度虽然大但容易去除,总体对水质影响很小。相反,有些评价指标(金属离子、氨氮等)浓度虽小但去除艰难对水体的危害很大。常规的内梅罗指数法不能将此因素综合的考虑进去,进而导致评价结果有时与实际有些偏差。为了避免常规内梅罗指数法带来的偏差,在此采用修正的内梅罗污染指数评价法。该方法计算过程与常规内梅罗污染指数法计算过程类似,但在计算时综合考虑各评价指标所占权重问题。修正的内梅罗指数计算如公式(7)所示:

$$N_m = \sqrt{\frac{N_{\max}^2 + N_{\text{wei}}^2}{2}} \quad (7)$$

式中: N_m ——评价指标修正内梅罗综合指数;
 N_{wei} ——权重最大的评价指标对应的 N 值。

评价权重计算如公式(8)~(9)所示:

$$\omega_k = \frac{N_k}{\sum_{k=1}^{k=m} N_k} \quad (8)$$

$$N_k = \frac{S_{\max}}{S_k} \quad (9)$$

式中: ω_k ——评价因子的权重; s_{\max} ——评价指标的最大值; s_k ——第 k 个评价因子对应的标准值,其他符号意义同上。

1.5 模糊综合评判法

模糊综合评判法利用模糊数学理论^[12]将定性评价转为定量评价,通过隶属度的计算来确定水质类型。该方法最大的特点是既考虑各评价指标的权重问题,又考虑各评价指标与水体之间复杂的非线性关系。模糊综合评判法步骤为:(1)建立评价因素集,确定权重行向量;(2)选取合理准确的隶属函数,获得模糊关系矩阵;(3)计算隶属度,得到水质评价结果。

1.5.1 获取评价因子权重行向量 评价指标对于水质的贡献程度计算权重,最后确定行权重向量 $W_{1 \times n}$ 。权重计算如公式(10)~(11):

$$W_k = \frac{Q_k}{\sum_{k=1}^{k=m} Q_k} \quad (10)$$

$$Q_k = \frac{c_i}{s_i} \quad (11)$$

式中: W ——模糊综合评判分值; W_k ——评价指标的权重; c_i ——评价因子的实测浓度; s_i ——评价指标的标准浓度。

1.5.2 选取隶属函数求得模糊关系矩阵 据以往评价经验,此处隶属度函数选择降半梯形函数^[13],用公式(12)~(14)表示,并求得评价因子模糊关系矩阵 $R_{n \times m}$ 。

(1) 当 $i=1$ 时,其隶属函数为:

$$R_{ji} = \begin{cases} 1 & (x < a_1) \\ \frac{a_2 - x}{a_2 - a_1} & (a_1 < x < a_2) \\ 0 & (x > a_2) \end{cases} \quad (12)$$

(2) 当 $1 < i < n$ 时,其隶属函数为:

$$R_{ji} = \begin{cases} \frac{x - a_{j-1}}{a_j - a_{j-1}} & (a_{j-1} < x < a_j) \\ 0 & (a_j < x < a_{j+1}) \\ \frac{a_{j+1} - x}{a_{j+1} - a_j} & (a_j < x < a_{j+1}) \end{cases} \quad (13)$$

(3) 当 $i=5$ 时,其隶属函数为

$$R_{ji} = \begin{cases} 0 & (x \leq a_4) \\ \frac{a_5 - x}{a_5 - a_4} & (a_4 < x < a_5) \\ 1 & (x \geq a_5) \end{cases} \quad (14)$$

式中: x ——某评价指标的实测值; a_j ——相应级别水质标准值; R_{ji} ——第 j 个污染指标属于 i 等级的可能性,文中 i 可取 I, II, III, IV, V 等 5 个数值。

1.5.3 确定评判矩阵 将步骤(1),(2)获得的权重行向量 W 和模糊关系矩阵 R 经过取大取小法(\wedge , \vee)法及取大取积法(\cdot , \vee)等复合运算^[14]得到综合评判矩阵,最后根据隶属度择近原则,确定水质等级。

2 实例应用

2.1 研究区概况

大山深处的凤凰古镇位于陕西省柞水县东南部,地处秦岭南麓,社川河、皂河、水滴沟河三水交汇于此,形成三角洲,凤凰镇便依山傍水建在这肥沃的三角洲上,其被誉为最北方的南方古镇,旅游业发达,当地人亲切的称她为凤镇。

笔者选择柞水县凤镇 18 个主要监测孔 2015 年 10 月枯水期的监测数据为基础,选择总硬度、矿化度(TDL)、硫酸盐(SO_4^{2-})、硝酸盐(NO_3^-)、亚硝酸盐(NO_2^-)、氨氮(N-NH_3)、高锰酸钾指数(COD_{Mn})、铁(Fe)、锰(Mn)、氟化物(F^-)和氯化物(Cl^-)等 11 个评价因子,分别采用单项指标评价法、综合指标评价法、常规内梅罗污染指数法、修正的内梅罗污染指数法和模糊综合评判法,对凤镇地下水水质进行评价。

2.2 评价结果

2.2.1 单项和综合指标法评价结果 将评价指标与地下水规范推荐的水质评分表对比,按照相应评价方法的公式计算各监测孔评价因子的单项分值和综合分值,评价分值及结果如表 2 和图 1 所示,表中上列为评价分值,下列为监测孔地下水水质评价等级(下同)。

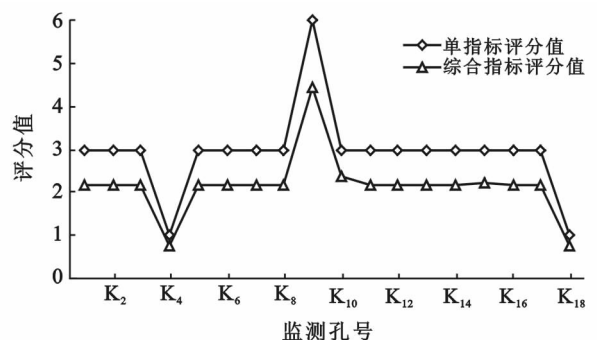


图 1 监测孔单指标与综合指标评价分值图

表 2 监测孔单项和综合指标法评价分值及类别

孔号	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄	K ₁₅	K ₁₆	K ₁₇	K ₁₈
Q _i 值	3	3	3	1	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	3	3	3	1
Q _i 等级	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ
Q 值	2.16	2.15	2.18	0.73	2.17	2.15	2.16	2.18	4.43	2.36	2.16	2.16	2.15	2.15	2.20	2.16	2.16	0.73
Q 等级	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ

综合表 2 和图 1 发现,2 种评价方法评价结果折线图趋势基本一致,但是单因子评价结果趋势线更加陡直,综合指标评价结果趋势线相对平缓。单指标评价的水质结果介于Ⅱ类水及Ⅳ类水之间,K₄ 及 K₁₈ 水质最优均为Ⅱ类水,K₉ 水质最差为Ⅳ类水,其他 15 个监测孔均为Ⅲ类水。综合指标评价结果介于Ⅰ和Ⅳ类水之间,K₄ 及 K₁₈ 水质最优均为Ⅰ类水,K₉ 水质最差为Ⅳ类水,其他监测孔均为Ⅱ类水,另外,评价结果为Ⅲ类水的钻孔缺失。

2.2.2 常规和修正内梅罗指数评价结果 根据地下水水质评价所选的评价因子,利用实测浓度和标准浓度,按照公式计算常规和修正的内梅罗评价指数,将计算的常规和修正内梅罗指数与标准内梅罗指数表对比,监测孔评价指标的计算分值和评价结果如表 3—4 和图 2 所示。

综合表 3—4 及图 2 可以得到,常规和修正内梅罗法污染指数评价分值折线图变化趋势相似,但是在同一监测孔中修正内梅罗计算的评分值总是大于等于常规内梅罗计算的评价值,即修正的内梅罗计算结

果折线图大多处在常规内梅罗折线图上方。常规内梅罗法污染指数评价结果介于Ⅰ类水和Ⅲ类水之间,K₁,K₂,K₃,K₄,K₈,K₁₁,K₁₄,K₁₅,K₁₆,K₁₇,K₁₈ 等 11 个孔为Ⅰ类水,K₅,K₇,K₁₂ 等 3 个孔是Ⅱ类水,剩下的 K₆,K₉,K₁₀,K₁₃ 等 4 个孔为Ⅲ类水。修正内梅罗法污染指数评价结果与常规内梅罗评价结果类似,K₁,K₂,K₃,K₄,K₈,K₁₁,K₁₄,K₁₆,K₁₇,K₁₈ 等 10 个孔为Ⅰ类水,K₅,K₁₂,K₁₃,K₁₅ 等 4 个孔为Ⅱ类水、剩下的 K₆,K₇,K₉,K₁₀ 等 4 个孔为Ⅲ类水。

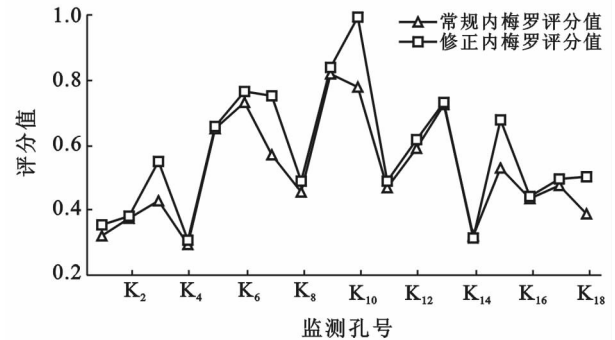


图 2 监测孔常规及修正内梅罗法污染指数评价分值图

表 3 监测孔常规及修正内梅罗污染指数评价标准

等级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
N	[0,0.56)	[0.56,0.68)	[0.68,1.00)	[1.00,4.20)	[4.20,+∞)
N _m	[0,0.59)	[0.59,0.75)	[0.75,1.00)	[1.00,3.96)	[3.96,+∞)

表 4 监测孔常规及修正内梅罗污染指数评价结果

孔号	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄	K ₁₅	K ₁₆	K ₁₇	K ₁₈
N	0.32	0.37	0.43	0.30	0.65	0.73	0.57	0.45	0.82	0.78	0.47	0.59	0.72	0.32	0.53	0.43	0.48	0.39
N 等级	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
N _m	0.35	0.38	0.55	0.30	0.66	0.76	0.75	0.49	0.84	0.99	0.49	0.62	0.73	0.32	0.68	0.44	0.50	0.50
N _m 等级	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ

2.2.3 模糊综合评判法评价结果 先确定评价集 S = {Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ}, 评价指标为 U = {总硬度、矿化度(TDL)、硫酸盐(SO₄²⁻)、硝酸盐(NO₃⁻)、亚硝酸盐(NO₂⁻)、氨氮(NH₃-N₂)、高锰酸钾指数(COD_{Mn})、铁(Fe)、锰(Mn)、氟化物(F⁻)、氯化物(Cl⁻)}。以 K₁ 和 K₁₂ 为例,分别计算的权重行向量为 W_{1×11}¹ = [0.265,0.116,0.052,0.084,0.035,0.065,0.103,0.052,0.110,0.100,0.017] 和 W_{1×11}¹² = [0.184,0.081,0.026,0.045,0.072,0.306,0.119,0.040,

0.022,0.092,0.015],通过隶属度函数求得隶属度矩阵如下。将权重行向量 W_{1×11} 和隶属度矩阵 R_{11×5} 通过复合运算得到综合评判矩阵分别 U₁ = [0.234,0.185,0.056,0,0] 和 U₁₂ = [0.184,0.119,0.306,0,0],即 K₁ 孔隶属于Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ及Ⅴ类水的可能性分别为 0.234,0.185,0.056,0,0,由隶属度最大原则可知,K₁ 和 K₁₂ 分别为Ⅰ和Ⅲ类水。同理得到其他监测孔的评判矩阵,模糊综合评判分值及水质类别列于表 5。

表 5 监测孔模糊综合评判法评价分值及类别

孔号	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉
F	0.234	0.253	0.215	0.249	0.265	0.237	0.235	0.318	0.367
F	I	I	I	I	II	I	III	I	III
孔号	K ₁₀	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄	K ₁₅	K ₁₆	K ₁₇	K ₁₈
F	0.164	0.251	0.306	0.427	0.239	0.184	0.159	0.185	0.183
F	III	II	III	III	II	II	I	II	I

$$R_{11 \times 5}^1 = \begin{bmatrix} 0.685 & 0.315 & 0 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.760 & 0.240 & 0 & 0 & 0 \\ 0.778 & 0.222 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.944 & 0.056 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.200 & 0.800 & 0 & 0 \\ 0.480 & 0.520 & 0 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{11 \times 5}^{12} = \begin{bmatrix} 0.967 & 0.033 & 0 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.333 & 0.667 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.222 & 0.778 & 0 & 0 \\ 0.700 & 0.300 & 0 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.600 & 0.400 & 0 & 0 & 0 \\ 0.460 & 0.540 & 0 & 0 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

综合表 5 和图 3 可知,模糊综合评判分值折线图变化趋势较单指标和综合指标评价趋势起伏大,其结果介于 I 和 III 类水之间,K₁,K₂,K₃,K₄,K₆,K₈,K₁₆,K₁₈ 等 8 个孔是 I 类水,K₅,K₁₁,K₁₄,K₁₅,K₁₇ 等 5 个孔是 II 类水、剩下的 K₇,K₉,K₁₀,K₁₂,K₁₃ 等 5 个孔是 III 类水。

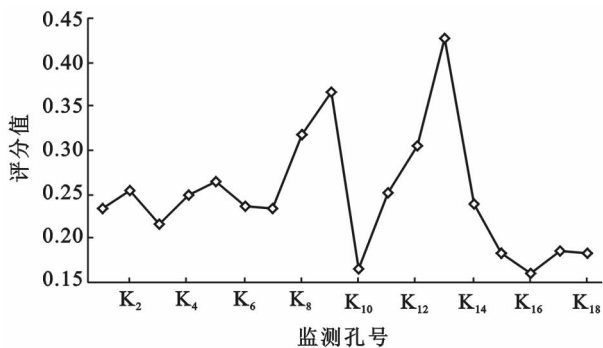


图 3 监测孔模糊综合评判法评价分值

3 几种方法对比

采用相同的评价指标,用 5 种评价方法对柞水县凤镇枯水期 18 个监测孔的地下水水质进行评价和分类,评价结果如图 4 所示,其中 Q_i,Q,N,N_m 及 F 分别代表单指标、综合指标、常规内梅罗、修正内梅罗及模糊综合评价法评判结果。显然,评价结果基本一致都介于 I—IV,说明这几种方法均有一定的合理性,但是相比之下,也有一定的差异。

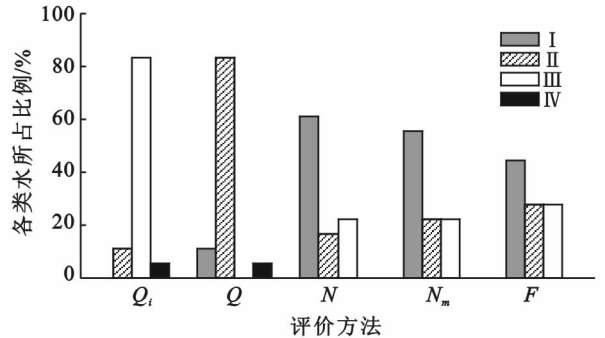


图 4 5 种评价方法对应的水质类别比例

(1) 就单指标和综合指标评价法而言,对于同一监测孔单指标水质评价结果比综合指标评价法评价结果更劣,主要是因为单指标评价法更多突出某一因子对水质污染的贡献;此外,单指标评价不能比较处于同一类别水质的优劣;相比而言,综合指标评价法则在考虑突出因子的同时还考虑了各指标的综合作用,且对处于同一类别的水质通过综合指数的大小可以得出优劣。综上,综合指标评价比单指标评价结果更加合理。

(2) 对于常规、修正的内梅罗法评价法和模糊综合评判法而言,常规及修正内梅罗评价法评价过程类似,都是基于某一类水质作为基准进行计算评价分值,最后通过与标准分值对比得到水值类别,但修正内梅罗评价法考虑了评价因子在评价指标中所占的权重,其评价结果更加合理。

(3) 模糊综合评判法则充分考虑到各指标之间的随机性和模糊性,通过建立和选择合适的隶属度函数,将水质评价问题转变为权重向量、模糊关系矩阵

及模糊评价矩阵的计算问题,其既考虑各因子对水体的危害程度也考虑各评价指标之间的非线性关系,评价结果更合理。

综上,就评价过程的复杂程度和计算量的大小而言,以模糊综合评判方法过程最复杂,计算量最大,修正的内梅罗污染指数法、常规内梅罗指数法及综合指标评价法次之,单指标评价法过程最简单,计算量最小;但从评价结果来看,模糊综合评判法最合理,依次是修正及常规内梅罗评价法、综合指标评价法及单指标评价法。

4 结论

(1) 从单指标评价到综合指标评价,Ⅳ类水所占比例 5.6%不变,Ⅲ类水所占比例从 83.3%下降 0,Ⅱ类水所占比例从 11.1%升高为 83.3%,Ⅰ类水所占比例从 0 升高到 11.1%,总体看来,水质逐渐变优。

(2) 从常规、修正内梅罗指数法到模糊综合评判法,评判考虑因素越来越全面,过程越来越复杂,Ⅰ类水所占比例从 61.1%分别降到 55.6%和 44.4%,Ⅱ类水所占比例从 16.7%分别升高到 22.2%和 27.8%,Ⅲ类水所占比例首先保持 22.2%不变再升高到 27.8%,由此可见,水质逐渐变差,本次评价选择模糊综合评判法评价结果作为本次凤凰镇水质评价的结果。

(3) 除了单指标和综合指标评价的 K_p 为Ⅳ类水外,其他水质类型均介于Ⅰ和Ⅲ类水之间。由此可见,柞水县凤凰镇的地下水水质较好,90%以上处于可以饮用范围内,说明该地区水土保持开展的较好。

[参 考 文 献]

[1] 尚佰晓,吕子楠,李杰年,等.基于模糊综合评价法与单

因子指数评价法的水质评价[J].中国环境管理干部学院学报,2013,23(05):1-4.

- [2] 李录娟,邹胜章.综合指数法和模糊综合法在地下水质量评价中的对比:以遵义市为例[J].中国岩溶,2014,33(1):22-30.
- [3] 关云鹏.利用内梅罗指数法模型评价地下水水质的探讨[J].山西水利科技,2012,1(1):81-84.
- [4] 杨磊磊,卢文喜,黄鹤,等.改进内梅罗污染指数法和模糊综合法在水质评价中的应用[J].水电能源科学,2012,30(6):41-44.
- [5] 叶勇,迟宝明,施枫芝,等.物元可拓法在地下水环境质量评价中的应用[J].水土保持研究 2007,14(2):52-54.
- [6] 都莎莎,王红旗,刘妹媛,等.基于神经网络改进的地下水水质评价模型研究及应用[J].北京师范大学学报:自然科学版,2014,50(4):424-428.
- [7] 高宗军,董红志,许传杰,等.层次分析法在地下水质量评价中的应用[J].地下水,2014,36(3):49-58.
- [8] 贺密,贾杰,张敏,等.主成分分析法在地下水质量评价中的应用[J].地下水,2015,37(6):6-8.
- [9] 国家技术监督局.地下水质量标准:GB/T14848-93[S].北京:中国标准出版社,1993.
- [10] 关伯仁.评内梅罗的污染指数[J].环境科学,1979(4):67-71.
- [11] 徐彬,林灿尧,毛新伟.内梅罗水污染指数法在太湖水质评价中的适用性分析[J].水资源保护,2014,30(2):38-40.
- [12] 黄崇福,王家鼎.模糊信息优化处理技术及其应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,1995.
- [13] 寇文杰.修正的模糊综合评判法在地下水水质评价中的应用[J].南水北调与水利科技,2013,11(2):71-75.
- [14] 卢厚清,袁辉,刘华丽,王凤山.模糊综合评价取大取小算法的改进[J].解放军理工大学学报:自然科学版,2012,13(6):679-683.