

考虑样本差异的一种地下水质模糊评判方法与应用

焦 珣^{1,2} 苏小四^{1,2} 林学钰^{1,2} 张 岩^{1,2}

(1. 吉林大学环境与资源学院, 长春 130026; 2. 吉林大学水资源与环境研究所, 长春 130026)

摘要: 应用传统模糊评判方法评价地下水质量时, 通常以地下水质量标准作为参考进行权重赋值, 没有考虑由于水质复杂而引起的评价地区内部各取样点测试指标值之间的差异, 评价结果极有可能出现一个样本因某项指标的相对含量较大而被列为水质较差级别的现象, 不能为水资源缺乏地区水资源管理提供客观的依据。本文针对传统模糊评判的不足, 选用广义权海明距离公式为评价公式, 用样本权重来表达样本差异程度, 再和标准权重相结合作为总的权重, 建立了考虑样本差异的地下水质模糊评判体系。选择 pH、溶解性总固体、总硬度、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 作为评价指标, 分别运用传统模糊评判和考虑样本差异的模糊评判法对鄂尔多斯白垩系自流水盆地的环河组含水岩组进行地下水质量评价。评价结果表明, 考虑样本差异的模糊评判所得的 IV、V 类水分布面积明显小于传统模糊评判所得的结果, 环河组含水岩组地下水水质的 I、II、III 级主要分布在盆地的北部, 盆地南部的地下水水质明显劣于盆地北部。影响水质分布的因素主要有水化学场、水动力场、岩相古地理等。

关键词: 地下水质量评价; 模糊评判; 样本权重; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: P641.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2010)03-0006-06

在我国干旱和半干旱的北方地区, 水资源普遍短缺, 有的地方地下水水质复杂, 加剧了水资源供需矛盾, 严重阻碍了社会经济的发展。所以, 对有限的地下水资源进行水量评价的同时, 要加强水质研究, 通过对地下水质量的客观评价, 分析不同质量等级地下水的空间分布规律及其形成要素, 可望为水资源缺乏地区地下水资源的合理开发利用提供科学依据。

地下水质量评价是地下水资源评价的一项重要内容, 评价方法是否合理是制约地下水质量评价结果客观与否的关键^[1]。《GB/T 14848-93 地下水质量标准》(以下简称“标准”)中推荐使用指数法对地下水质量进行综合评价, 指数法虽然运算过程简单, 物理概念清晰, 但是忽略了水质分级的模糊性^[2]。该方法用地下水水质标准中各级别的临界值作为划分依据, 对于接近临界值的水质, 常常不能被客观评判, 而且没有考虑各指标对水质评价贡献程度的区别, 对所有评价指标同等对待, 造成各指标对水质的影响上没有区分。

现有的各种评价方法, 包括人工神经网络模型、灰

色聚类模型以及模糊综合评判等, 都是针对指数法存在的各种问题而发展起来的地下水质量评价方法。而模糊综合评判与其他方法相比更适应于地下水水质污染级别的划分, 它克服了指数量中忽略水质分级的模糊性问题, 用各指标对水质级别的隶属度来量化分级的概念, 同时, 模糊评判用权重来刻画各指标对水质污染程度的贡献, 因此在地下水水质综合评价中得到了广泛的应用并取得了很好的效果^[3-4]。模糊评判法的赋权方法有很多种, 如调查统计法, 专家评估法, 指标值法等, 其中指标值法是比较常用的赋权方法^[5], 表达式如下:

$$w_i = \frac{c_i}{s_i}$$

式中: w_i ——第 i 种指标的权重;

c_i ——第 i 种指标的实测值;

s_i ——第 i 种指标的允许值。

这种权重赋值方法比其它方法效果好, 较能客观反映各评价指标的重要程度。然而其反应的信息完全以标准作参考, 即此权重是针对标准而设的。如果一个地区水资源缺乏, 水质复杂, 仅用这种赋权方法评价地下水, 强调各指标量的大小与参考标准之间的相对关系, 没有揭示评价地区内部同一种指标之间的差异程度对水质复杂问题产生直接影响的本质, 评价的结果极有可能出现一个样本因某项指标的相对含量较大而被列为水质较差级别的现象, 不能为水资源缺乏地

收稿日期: 2009-09-28; 修订日期: 2009-12-20

基金项目: 中国国土资源大调查鄂尔多斯盆地地下水勘察计划项目 (1212010331302); 教育部博士点基金 (20030027020)

作者简介: 焦珣 (1982-), 女, 博士研究生, 主要从事受损地下环境的控制与修复的研究。

E-mail: jiaoxun83@126.com

区水资源管理提供客观的依据。

1 研究思路

基于以上讨论,本次研究用“样本差异”来表示不同样本的同一种指标之间的差异程度对一个特定地区水质的影响。在选择权重时,将样本差异用样本权重表达,用变异系数法^[6]来求解,如果同一种指标之间相差大,说明该项指标对该地区水质的影响贡献大,样本权重就大;相差小,则反之。所以样本权重没有考虑标准约束,是从地区的实际情况得到的反映地区特点的数学语言,是在一个地区水量既定的前提下,针对地区问题而得到的客观结果。

由于水质标准是评价的依据,核心是围绕人体健康水质指标值而展开,因而标准权重的计算是以与标准中的三级水质标准比较为基础。事实上,地下水中各成分的含量无论是超过饮用水水质指标特征值,还是低于饮用水水质指标特征值,都不益于人体的健康,因此将这种不利的程度概化为与三级水质标准指标特征值的比较。

总权重的决定过程是经过样本权重赋值和标准权重赋值两个阶段,这两个阶段在先后关系上是等价的。如果从样本权重方面评价水质,要受到标准权重的制约,同样从标准权重方面评价水质,要受到样本权重的制约,可以认为两者互为权重。所以用普通集合乘法运算将两者结合在一起经过归一处理,最后的结果作为各样本各指标的总权重。

王光远研究^[5]表明,在现有的一些数学模型中,只有在 $A \circ R$ 中“ \circ ”取普通矩阵乘积时, A 才具有“权的量”的含义,在其它的运算中 A 只能起限制或调整作用,与通常“权重”的含义不同。这里 A 是权重集, R 是评判集。本文在地下水质量的模糊评判中选用加权广义权海明距离作为评价公式,它既表述了地下水水质分级的模糊性,同时所进行的运算是普通集合的运算,使权重的意义得到充分的体现。

综上,本次研究在传统模糊综合评判的基础上,用样本权重来表达地区特性,再和标准权重相结合作为总的权重,用加权广义权海明距离公式作为评价公式,建立了考虑样本差异的地下水质量评价模糊评判体系,为了检验该方法的评价效果,利用其对鄂尔多斯白垩系自流水盆地环河组含水岩组进行地下水质量评价。

2 考虑样本差异的模糊评判方法

2.1 标准矩阵和样本矩阵的规范化^[7-8]

设有 k 个水体样本组成的样本集合,其中有 n 项评价指标,则样本矩阵

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{k1} & r_{k2} & \cdots & r_{kn} \end{bmatrix} = (r_{ij}) \quad (1)$$

式中: $i=1, 2, \cdots, k; j=1, 2, \cdots, n$;

r_{ij} ——样本 i 指标 j 的实测值。

如 n 项指标依据 m 个级别进行评价分级,则标准矩阵表示为

$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ s_{m1} & s_{m2} & \cdots & s_{mn} \end{bmatrix} = (s_{ij}) \quad (2)$$

式中: $i=1, 2, \cdots, m; j=1, 2, \cdots, n$;

s_{ij} ——标准矩阵 i 级别 j 指标的值。

由于地下水水质分级的模糊性,采用相对隶属度来对其进行描述,标准矩阵的相对隶属度矩阵可用下式来求得:

(1) 当标准指标值从1级至 m 级增大时

$$x_{ij} = \frac{s_{mj} - s_{ij}}{s_{mj} - s_{1j}} \quad (3)$$

(2) 当标准指标值从1级至 m 级减小时

$$x_{ij} = \frac{s_{ij} - s_{mj}}{s_{1j} - s_{mj}} \quad (4)$$

式(3)和式(4)不仅保证各个指标值的隶属度介于0和1之间,更重要的是能反映存在于水质标准中的各指标值在各个级别的变化关系。

样本矩阵的隶属度矩阵用下式来求:

(1) 当标准指标值从1级至 m 级增大时

$$y_{ij} = \begin{cases} 0, & r_{ij} \geq s_{mj} \\ \frac{s_{mj} - r_{ij}}{s_{mj} - s_{1j}}, & s_{1j} < r_{ij} < s_{mj} \\ 1, & r_{ij} \leq s_{1j} \end{cases} \quad (5)$$

(2) 当标准指标值从1级至 m 级减小时

$$y_{ij} = \begin{cases} 0, & r_{ij} \leq s_{mj} \\ \frac{r_{ij} - s_{mj}}{s_{1j} - s_{mj}}, & s_{1j} > r_{ij} > s_{mj} \\ 1, & r_{ij} \geq s_{1j} \end{cases} \quad (6)$$

2.2 权重的确定

权重是体现某种意义下的重要性程度的数值,具有权衡比较不同评价因子间差异的作用,确定权重实

质上是寻找评价因子间的内在联系,权重确定的合理性直接关系到评价结果的可靠性。考虑到因子间的联系是由水质标准和样本来体现的,求得两种权重,一是标准指标的权重,以下简称标准权重,二是样本指标的权重,以下简称样本权重,再将两者结合在一起作为最后的权重。

(1) 标准权重 a_{ij}

$$a_{ij} = \frac{\frac{r_{ij}}{c_{oj}}}{\sum_{j=1}^n \frac{r_{ij}}{c_{oj}}} \quad (7)$$

c_{oj} 是“标准”指标中等级Ⅲ的特征值,其他符号同上。

(2) 样本权重 b_j

用变异系数法来求样本权重,先计算各项指标的变异系数

$$\delta_j = \frac{D}{\bar{r}_j}$$

式中: δ_j ——第 j 项指标的变异系数;

D ——第 j 项指标的均方差。

$$D = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}$$

式中: \bar{r}_j ——第 j 项指标的均值。

$$\bar{r}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k r_{ij}$$

再计算样本权重:

$$b_j = \frac{\delta_j}{\sum_{j=1}^n \delta_j} \quad (8)$$

式中: b_j ——样本指标 j 的权重。

(3) 最后权重 W

$$w_{ij} = \frac{a_{ij} b_j}{\sum_{j=1}^n a_{ij} b_j}; \quad (9)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ w_{k1} & w_{k2} & \cdots & w_{kn} \end{bmatrix} = (w_{ij}) \quad (10)$$

式中: w_{ij} ——样本 i 指标 j 的权重,一般应满足 $\sum_{j=1}^n w_{ij} = 1, \forall j$ 。

2.3 评价公式

样本 i 与“标准”中等级 c 的差异用加权广义权海

明距离^[8]表示为:

$$D_{ic} = u_{ic} \sum_{j=1}^n [w_{ij} |x_{ij} - y_{cj}|] \quad (11)$$

式中: u_{ic} ——样本 i 与等级 c 差异的权重。

地下水水质样本可以看成是映射地下水环境的一个信息系统,而信息熵^[9~10]是信息系统无序度的度量。由于 u_{ic} 的确定具有随机性,因此用信息熵来描述 u_{ic} 的不确定性。

第 i 个样本的信息熵为:

$$h_i = -\frac{1}{B} \sum_{c=1}^m u_{ic} \ln u_{ic}; \sum_{c=1}^m u_{ic} = 1, u_{ic} \geq 0$$

常数 B 根据实际情况而定。

为了求得最优分级,构造目标函数:

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^k \sum_{c=1}^m u_{ic} \left[\sum_{j=1}^n w_{ij} |x_{ij} - y_{cj}| \right] + \frac{1}{B} \sum_{i=1}^k \sum_{c=1}^m u_{ic} \ln u_{ic} \right\}$$

构造拉格朗日函数:

$$L(u_{ic}, \lambda) = \sum_{i=1}^k \sum_{c=1}^m \left\{ u_{ic} \left[\sum_{j=1}^n w_{ij} |x_{ij} - y_{cj}| \right] + \frac{1}{B} u_{ic} \ln u_{ic} \right\} - \lambda \left(\sum_{c=1}^m u_{ic} - 1 \right)$$

式中: λ ——拉格朗日乘数。

分别对 u_{ic}, λ 求偏导,设偏导为 0,则有:

$$u_{ic} = \exp \left[-B \sum_{j=1}^n w_{ij} |x_{ij} - y_{cj}| \right] / \sum_{c=1}^m \exp \left[-B \sum_{j=1}^n w_{ij} |x_{ij} - y_{cj}| \right] \quad (12)$$

依据上式得到样本 i 对等级 c 的隶属度 u_{ic} 。

3 鄂尔多斯盆地环河组地下水质量评价

鄂尔多斯盆地是我国重要的能源化工基地,该区属温带大陆性干旱一半干旱气候,降水稀少,蒸发强烈,水资源短缺直接制约着这一地区的社会经济发展。据勘查资料,鄂尔多斯白垩系自流盆地地下水具有较大的开发潜力,但是有的地方出现“苦水”,水质复杂,尤其是盆地南部^[11]。因此,为了有效地管理地下水,制定合理的地下水开采模式,在鄂尔多斯白垩系自流盆地地下水质量评价中考虑不同地区地下水各组分的差异性是十分必要的。根据沉积旋回和含水介质性质,从地表向下将白垩系自流盆地可以划分为新生界含水岩组、罗汉洞含水岩组、环河含水岩组和洛河含水岩组。本次研究运用考虑地区特性的地下水质量模糊

评判体系对分布广泛、且为主要开采层的环河组含水岩组进行地下水质量评价。

3.1 样本选择

评价基础数据来源于《鄂尔多斯白垩系自流盆地地下水循环与地下水水化学演化规律研究》课题工作组的取样分析结果。以“标准”为依据,根据样品分析情况选取 pH、溶解性总固体、总硬度、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 六项作为评价指标。样本总计 425 个,总体在全区分布比较均匀(图 1)。

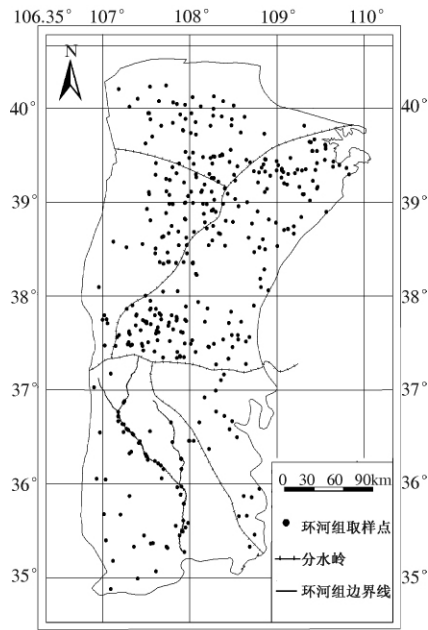


图 1 环河组实际材料图

Fig.1 The map of original data in Huan He aquifer groups

3.2 标准指标特征值

标准指标特征值的计算以标准为依据,Ⅰ级水质的标准参量作为Ⅰ级水质的标准特征值,Ⅱ级水质标准特征值为Ⅰ级和Ⅱ级标准参量的平均值,Ⅲ、Ⅳ级以此类推,Ⅴ级取其标准参量。标准指标特征值见表 1。

表 1 水质标准特征值

Table 1 Characteristic values of water quality standard						
级别	pH	溶解性总固体 (mg/L)	总硬度 (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	NO_3^- (mg/L)
Ⅰ	7	300	150	50	50	2
Ⅱ	7.8	400	225	100	100	3.5
Ⅲ	8.2	750	375	200	200	12.5
Ⅳ	8.6	1 500	500	300	300	25
Ⅴ	9	2 000	550	350	350	30

3.3 结果分析

鉴于评价结果所反映信息的复杂性,利用 GIS 的

数据融合技术对水质空间分布的信息进行分析和表达,得出环河组的水质分级图(图 2(a))。Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类和Ⅴ类水的分布面积分别为 $0.52 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、 $3.51 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、 $1.90 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、 $2.38 \times 10^4 \text{ km}^2$ 和 $3.45 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

地下水水质空间分布具有以下特征:Ⅰ类水主要分布在盆地北部的中部和东部,分布面积小,呈零星状;Ⅱ类水在盆地北区的中部和东部呈大面积分布;Ⅲ类水主要在盆地北部环绕Ⅱ类水呈条带状分布,在盆地的东部也有一定面积的分布;Ⅳ类水呈条带状分布在盆地北部的西部,在盆地南部主要分布在镇原县至正宁县以南;Ⅴ类水集中分布在盆地西边界,尤其是白于山西端多有分布。

3.4 地下水水质影响因素分析

3.4.1 地下水的水动力场对水质分布的影响

北区的中部、东部、及北部地区,环河组有较大的裸露范围,岩层微向北西向倾斜,没入新生界覆盖之下。大气降水通过砂砾层较易渗入环河组、形成溶解性总固体较低的 HCO_3^- 型水,水质一般为Ⅰ、Ⅱ级水,顺层向下游径流,在入渗及径流途中渗滤岩层中的可溶岩,发生溶滤作用、混合作用、间或有阳离子的交换吸附作用,在北边界和西边界水质变差。

南部环河组主要为一套湖泊相碎屑岩、泥质岩沉积,隔水层分布范围广,厚度大,含水岩层不发育,地下水循环交替条件差,盐分富集,加上石膏岩层发育,使得地下水盐度大,水质差,但在东部地区,有一定面积的环河组出露,这一部分的水质较好。顺层向偏西方向径流,径流途中又接受上面含水层越流的补给,沿途不断溶滤岩层中的可溶盐成分,发生溶滤作用、混合作用,呈现出越向西水质越复杂的水平分带规律。

3.4.2 岩相古地理对水质分布的影响

南区北部在白于山一带,此处的环河组的岩相古地理有一穿越白于山、连着南北麓的河湖相低凹地,与天环向斜的轴部位置是基本重合的,构成了东西两侧地下水顺层向河湖相低凹地汇集的排泄带,水质复杂,为环河组水质最差的地区。

3.4.3 其他因素的影响

鄂尔多斯盆地蕴藏着煤炭、石油、天然气等矿产资源,由于开采时忽略对地下水环境的负面影响,很多地区地下水都受到不同程度的污染,水质变差。

4 与传统模糊评判结果的比较

4.1 两者的相似性

运用传统模糊评判对环河组地下水质量进行评价,评价结果如图 2(b) 所示。从两种方法所得水质分布来看,地下水质量的空间分布范围总体上是相似的,证明考虑样本权重的模糊评判方法没有出现原则性的错误。

4.2 两者的差异

从两种方法的评价结果图(图 2)可以看到传统模糊评判所得的Ⅳ、Ⅴ类水分布面积明显大于考虑样本差异的模糊评判所得的结果。举一组数据(表 2)来比较传统模糊评判和考虑样本差异的模糊评判评价结果的差异,考虑样本差异的模糊评判法对其评价结果为Ⅲ类水,模糊评判对其评价为Ⅴ类水。

表 2 一组样本数据
Table 2 One group of sample

pH	溶解性总固体 (mg/L)	总硬度 (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)
7.30	849.24	687.01	204.98	157.54	0

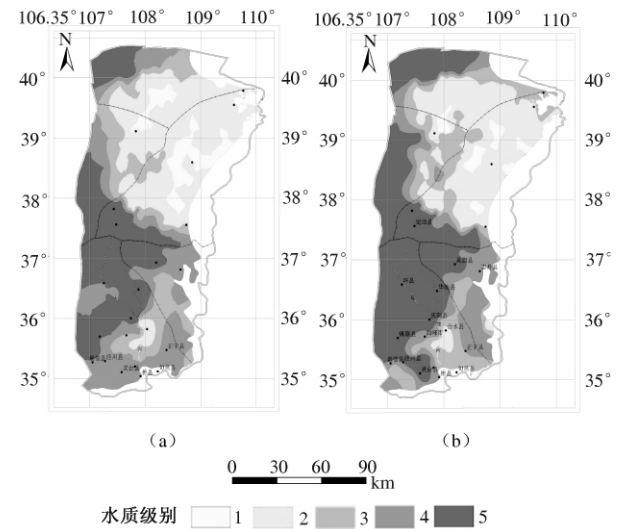


图 2 考虑样本差异的模糊评判法(a)
和传统模糊评判法(b)环河组水质分级图

Fig. 2 Result of water quality classification in Huan He aquifer with fuzzy method based on the weight of sample difference(a) and traditional fuzzy method (b)

考虑样本差异的模糊评判各指标的权重总的规律是:溶解性总固体权重最大,pH 和 NO₃⁻ 的权重都较小,这是由于评价样本中溶解性总固体差异最大,前人对鄂尔多斯白垩系自流水盆地地下水水质的评价结果也揭示溶解性总固体对水质的优劣有直接的影响;而评价样本中 pH 值和 NO₃⁻ 浓度的差异都很小,pH 值

绝大多数都处于 7~8 之间。传统模糊评判由于未考虑样本权重,而是依据标准将总硬度这一项指标的权重赋值很高,所以该水样被评价为水质极差的水,因此较不符合实际情况。而考虑样本差异的模糊评判法中,尽管总硬度含量较高,但由于各样本的总硬度差异不大,其权值不大,评价的结果具有综合性质,同时在鄂尔多斯这一水资源缺乏的地区,对其水资源的利用方面具有客观而科学的指导意义。

5 结论与存在的问题

5.1 结论

(1) 针对在水资源缺乏地区运用地下水质量评价的传统模糊评判存在的问题,建立了考虑样本差异的地下水质量模糊评判体系。结合鄂尔多斯白垩系自流水盆地环河含水岩组的实例检验了考虑样本差异的模糊评判的可行性,检验结果表明,考虑样本差异的模糊评判能够对水资源缺乏、水质复杂的地区进行较为客观地下水质量评价。

(2) 鄂尔多斯白垩系自流水盆地环河岩组地下水水质的分布范围和分布面积存在着明显的差异性。总体上是盆地北部的水质优于南部的水,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级以上的水在盆地北部分布面积大,Ⅳ、Ⅴ级水主要分布在盆地的西部和北部,白于山西端的水质最复杂。

(3) 影响水质分布的因素主要有地下水的水化学场、水动力场、岩相古地理以及其他因素。

5.2 存在的问题及改进的措施

(1) 本次工作受资料和技术上的限制,只选取了 pH、矿化度、总硬度、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻ 六项作为评价指标,缺少影响地下水质量的其它指标信息,势必对评价结果的准确性造成一定的影响,尤其在水质复杂的鄂尔多斯白垩系大型自流水盆地中,六项指标涵盖的信息量较单一。根据有关资料,微量成分如 B、Sr 的含量普遍较高,对地下水水质产生了直接的影响,但由于分析和评价技术上的问题,在评价中不能考虑到。同时受“标准”中评价指标内容的限制,有的指标无法参与评价。所以在未来的研究工作中,要突破资料和技术上的限制,不断完善《地下水质量标准》中地下水各项指标信息,全面、准确地进行地下水质量评价。

(2) 随着地下水水质监测网建设工作的日臻完善,获取的水质样本规模将会扩大,有利于地区地下水质量评价工作的更加细化。

(3) 在地下水水质评价工作中,普遍是参考饮用水质标准对水质进行综合评价。现实生活中涉及人体健

康饮用水质的问题是方方面面的,比如可以研究地下水中哪些成分对致癌疾病有影响,进而可以单就这一目标,对致癌成分赋权,评价地下水质。因此要不断丰富地下水质评价工作内容,使这项工作意义更为深刻。

参考文献:

- [1] 苏耀明,苏小四,侯光才,等. 基于GIS的鄂尔多斯白垩系盆地地下水水质的模糊综合评价[J]. 地质通报,2008,27(8): 1178-1185.
- [2] 谷朝君,潘颖,潘明杰. 内梅罗指数法在地下水质评价中的应用及存在的问题[J]. 环境保护科学,2002,28(1): 45-47.
- [3] 涂向阳,高学平. 模糊数学在海水入侵地下水水质评价中的应用[J]. 水利学报,2003,34(8): 64-69.
- [4] 束龙仓,邱汉学. 济宁市开采层地下水水质的FUZZY综合评价及FORTRAN程序[J]. 长春地质学院学报,1988,18(4): 431-440.
- [5] 王文科,廖健榕. 模糊分析在水文地质学中的应用[M]. 西安:西安地图出版社,1997.
- [6] 门宝辉,梁川. 基于变异系数权重的水质评价属性识别模型[J]. 哈尔滨工业大学学报,2005,37(10): 1373-1375.
- [7] 陈守煜,李亚伟. 基于模糊人工神经网络识别的水质评价模型[J]. 水科学进展,2005,16(1): 88-91.
- [8] 陈守煜. 工程模糊集理论与应用[M]. 北京:国防工业出版社,1998.
- [9] 何玲,陈晓宏. 一个基于熵最大原理的地下水评价模型[J]. 水科学进展,2001,12(1): 61-65.
- [10] 张小峰,袁晶. 基于熵值法的BP网络输入变量加权分层方法研究[J]. 水科学进展,2005,16(2): 263-267.
- [11] 侯光才,张茂省. 鄂尔多斯盆地地下水资源与可持续利用[M]. 西安:陕西科学技术出版社,2004.

A fuzzy method for groundwater quality evaluation introduced with weight of sample difference

JIAO Xun^{1,2}, SU Xiao-si^{1,2}, LIN Xue-yu^{1,2}, ZHANG Yan^{1,2}

(1. College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130026, China;

2. Institute of Water Resources and Environment, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: The typical traditional fuzzy method is of some defects, because of the determinate weight only representing the relationship between indicator value and groundwater quality standard, which can not display the difference between indicator values of samples in one region. It is likely to result in a lower grade for the groundwater quality if one indicator of a sample possesses a high amount. In this study, different generalized weighted distances on the full consideration of the advantages of traditional fuzzy evaluation method has been developed, of which the determinate weight is combination of sample difference weight and the standard weight. The weight of sample difference describes the features of region, and standard weight displays the relationship between sample indicators and the groundwater standard. By selecting indicators of pH, TDS, total hardness, Cl^- , SO_4^{2-} and NO_3^- , the groundwater quality of Huan He aquifer group in Ordos cretaceous artesian basin was evaluated by traditional fuzzy method and the one introduced with the weight of sample difference respectively. Results showed that the area of IV and V class-type groundwater is smaller with the method considering sample difference. I, II, III class-type groundwater in Huan He aquifer are mainly in north basin. While groundwater quality in north basin is obviously better than that in south basin. The main parameters, which influence the groundwater quality in Huan He aquifer, are hydrochemical regime, groundwater flow regime, lithofacies palaeogeography and etc.

Key words: Groundwater quality evaluation; fuzzy method; the weight of sample difference; Ordos cretaceous basin

责任编辑:张若琳