

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2015.02.003

基于物元可拓模型的天津浅层地下水水质评价

斯 藹¹, 任继海², 杜关记³, 王 爽¹

(1. 天津市地质环境监测总站, 天津 300191; 2. 山东鲁岩勘测设计有限公司, 山东 济宁 272001;
3. 天津市勘察院, 天津 300191)

摘要:采用物元可拓模型,对天津市平原区浅层地下水水质进行了定量评价。结果表明,抽样检测的 18 组样品的水质类别 80% 以上处于 IV 和 V 级,NO₃⁻、NO₂⁻ 和总硬度等是主要的权重影响因子。研究区地下水水质总体较差,当地特定的地质环境背景及人类经济活动是导致区域浅层地下水水质污染的主要原因。为验证评价结果的准确性,采用传统的综合评分法进行比较分析,发现同批次 18 组样品中,15 组样品评价结果完全一致,准确率达 83% 以上,另 3 组评价结果相差一个等级,可能与不同评价方法的评价等级区间划分有关。对比结果显示,物元可拓模型在天津市浅层地下水水质评价中具有较高的可信度,是地下水水质定量评价的一种有效方法。

关键词:浅层地下水;物元可拓模型;水质评价;天津市

中图分类号:P641.8 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2015)02-0015-05

Evaluation on shallow groundwater quality in Tianjin Areas based on matter-element extension model

SI Ai¹, REN Jihai², DU Guanji³, WANG Shuang¹

(1. Tianjin Geological Environment Monitoring Station, Tianjin 300191, China;
2. Shandong Luyuan Survey and Design Co. Ltd, Jining 272001, China;
3. Tianjin Institute of Geotechnical Investigation & Surveying, Tianjin 300191, China)

Abstract: A quantitative evaluation on shallow groundwater quality in Tianjin plain areas was made based on the matter-element extension model. The results show that over 80 percent water samples in 18 groups of samples for sampling detection were in grade IV and grade V, and nitrate, nitrite and total hardness were the main weighting factors. The water quality of the shallow groundwater in study area was poor as a whole. The main reasons of groundwater pollution are the specific local geological environment background and the human economic activities. In order to verify the accuracy of the evaluation results, a comparative analysis was made by using traditional synthetic scored method, finding that among the same batch of 18 groups of samples, 15 groups of sample evaluation results are entirely consistent, with the accuracy rate of more than 83%. The evaluation results of another 3 groups of samples differ one grade, which may be related to the evaluation grade interval division in different methods. The contrast results show that there is a higher reliability in the evaluation results of shallow groundwater quality based on the matter-element extension model. The matter-element extension model could be an effective method to quantitatively evaluate the groundwater quality.

Key words: shallow groundwater; matter-element extension model; water quality evaluation; Tianjin City

1 研究区浅层地下水环境概况

天津市平原区浅层地下水是指地表下第 I 含水层组,水力特征为潜水、微承压水或浅层承压水,含

水层底界深度一般在 30 ~ 70 m,地层时代为 Q_{h+p3},岩性结构为多种岩性相间结构或上细下粗的双层结构,其间黏性土隔水层分布不稳定,浅层地下水参与现代水循环,接受降水补给和蒸发排泄,再补给能力

基金项目:天津市国土资源和房屋管理局矿费补偿项目(国土房任[2009]30号)

作者简介:斯藹(1977—),女,高级工程师,博士。主要从事地下水监测与评价方面研究。E-mail:siai0418@163.com

式中: R_0 为经典域物元矩阵; c_1, c_2, \dots, c_n 为物元特征; a_{0j}, b_{0j} 分别为经典物元特征量值 x_{0j} 的上、下限值, $j=1, 2, \dots, n$ 。

2.2.2 节域物元矩阵

由可以转化为经典域物元事物的特征及其相应推广了的量值范围组成的物元矩阵称为节域物元矩阵。

$$R_c = \begin{bmatrix} M_0 & c_1 & [a_{c1}, b_{c1}] \\ & c_2 & [a_{c2}, b_{c2}] \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & [a_{cn}, b_{cn}] \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: R_c 为节域物元矩阵; a_{cj}, b_{cj} 分别表示节域物元特征量值 x_{cj} 的上、下限值, $j=1, 2, \dots, n$ 。显然有 $x_{0j} \subseteq x_{cj}$ 。

2.3 关联函数

关联函数表示当物元的量值取值为实轴上一点时, 物元符合要求的取值范围程度。由于可拓集合的关联函数可用代数式表达, 故可使不相容问题定量化。关联函数的数值代表关联度。

关联度的计算如式(4)所示^[7]:

$$K_i(x_j) = \begin{cases} -\frac{\rho(x_j, x_{ij})}{|x_{ij}|} & x_j \in x_{ij} \\ \frac{\rho(x_j, x_{ij})}{\rho(x_j, x_{cj}) - \rho(x_j, x_{ij})} & x_j \notin x_{ij} \end{cases} \quad (4)$$

$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$

式中, $|x_{ij}| = |b_{ij} - a_{ij}|$; $\rho(x_j, x_{ij})$ 指实轴上任一点 x_j 与经典域区间 x_{ij} 之间的距离; $\rho(x_j, x_{cj})$ 指实轴上任一点 x_j 与节域区间 x_{cj} 之间的距离。其计算公式为

$$\begin{cases} \rho(x_j, x_{ij}) = \left| \left(x_j - \frac{1}{2}(a_{ij} + b_{ij}) \right) - \frac{1}{2}(b_{ij} - a_{ij}) \right| \\ \rho(x_j, x_{cj}) = \left| \left(x_j - \frac{1}{2}(a_{cj} + b_{cj}) \right) - \frac{1}{2}(b_{cj} - a_{cj}) \right| \end{cases} \quad (5)$$

2.4 综合关联度与可拓指数

采用评价因子污染贡献率方法来确定权系数^[3], 计算公式如下:

$$\omega_i = \frac{x_i}{\bar{s}_i} / \left(\sum_{i=1}^m \frac{x_i}{\bar{s}_i} \right)^{-1} \quad (6)$$

式中: x_i 为第 i 种评价因子的实测值; \bar{s}_i 为第 i 种评

价因子各级标准的平均值; ω_i 为第 i 种评价因子的权系数。

综合关联度是关联度与权系数的乘积, 计算公式如下:

$$K_j(X) = \sum_{j=1}^n \omega_i k_j(x_i) \quad (7)$$

式中: $K_j(X)$ 为待评价单元 X 属于 j 级别的综合关联度; $k_j(x_j)$ 为监测项目 i 对第 j 级别的关联度。

若 $K_j = \max[K_j(X)]$, 则待评价单元 X 属于等级 j 。令

$$\bar{K}_j(X) = \frac{K_j(X) - \min K_j(X)}{\max K_j(X) - \min K_j(X)}$$

$$J = \frac{\sum_{j=1}^n j \times \bar{K}_j(X)}{\sum_{j=1}^n \bar{K}_j(X)} \quad (8)$$

式中: J 为待评样本 P 的可拓指数, 从 J 数值的大小可以判断出待评物元偏向相邻级别的程度。

3 水质评价

3.1 评价样本及评价因子的选取

根据多年开采情况, 有代表性地从天津市浅层全淡水区、浮托于咸水体之上的浅层淡水区和咸水区, 分别抽取 18 组浅层地下水样(其中全淡水区 11 组、浮托于咸水体之上的浅层淡水区 6 组、咸水区 1 组, 取样时间 2013 年 6 月)作为评价样本(图 1)。

地下水水质样品常规组全分析测试方法遵循 GB/T 5750—2006《生活饮用水卫生标准检验方法》, 在原始的全分析水质检测报告中共有 30 多项检测指标, 经过筛选, 去除在水质标准中无法直接评判的指标以及所有分析值都低于水质 I 级标准阈值的指标, 选择了 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 COD_{Mn} 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 F^- 、TDS、TH(总硬度)等 9 项指标作为评价因子。

3.2 评价基准的制定

评价基准的制定主要依据 GB/T 14848—1993《中华人民共和国国家标准中的地下水质量标准》, 评价标准包含 I ~ V 级。由于 V 级标准只有下限要求而没有上限要求, 其基准值结合当地实际情况给出^[8], 具体见表 1。

表 1 地下水水质评价基准

等级	$\rho(Cl^-)$	$\rho(SO_4^{2-})$	$\rho(NO_2^-)$	$\rho(NO_3^-)$	$\rho(F^-)$	$\rho(NH_4^+)$	$\rho(TDS)$	$\rho(TH)$	$\rho(COD_{Mn})$
I	50	50	0.001	2	1	0.02	300	150	1
II	150	150	0.01	5	1	0.02	500	300	2
III	250	250	0.02	20	1	0.2	1000	450	3
IV	350	350	0.1	30	2	0.5	2000	550	10
延拓最大值	500	1000	1.0	300	10	1	3000	2000	10

3.3 水质评价及结果验证

根据经典域和节域的定义,由表 1 可得到如下经典域 R_{01} 、 R_{02} 、 R_{03} 、 R_{04} 、 R_{05} 和节域 R_c 。由观测的数据资料可得待评价样本的物元矩阵 R_1, R_2, \dots, R_{18} ,文中仅列出第 1 组水质样本的物元矩阵 R_1 :

$$\begin{aligned}
 R_{01} &= \begin{bmatrix} \text{I} & \rho(\text{Cl}^-) & (0, 50) \\ & \rho(\text{SO}_4^{2-}) & (0, 50) \\ & \rho(\text{NO}_2^-) & (0, 0.001) \\ & \rho(\text{NO}_3^-) & (0, 2) \\ & \rho(\text{F}^-) & (0, 1) \\ & \rho(\text{NH}_4^+) & (0, 0.02) \\ & \rho(\text{TDS}) & (0, 300) \\ & \rho(\text{TH}) & (0, 150) \\ & \rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) & (0, 1) \end{bmatrix} & R_{02} &= \begin{bmatrix} \text{II} & \rho(\text{Cl}^-) & (50, 150) \\ & \rho(\text{SO}_4^{2-}) & (50, 150) \\ & \rho(\text{NO}_2^-) & (0.001, 0.01) \\ & \rho(\text{NO}_3^-) & (2, 5) \\ & \rho(\text{F}^-) & (1, 1) \\ & \rho(\text{NH}_4^+) & (0.02, 0.02) \\ & \rho(\text{TDS}) & (300, 500) \\ & \rho(\text{TH}) & (150, 300) \\ & \rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) & (1, 2) \end{bmatrix} & R_{03} &= \begin{bmatrix} \text{III} & \rho(\text{Cl}^-) & (150, 250) \\ & \rho(\text{SO}_4^{2-}) & (150, 250) \\ & \rho(\text{NO}_2^-) & (0.01, 0.02) \\ & \rho(\text{NO}_3^-) & (5, 20) \\ & \rho(\text{F}^-) & (1, 1) \\ & \rho(\text{NH}_4^+) & (0.02, 0.2) \\ & \rho(\text{TDS}) & (500, 1000) \\ & \rho(\text{TH}) & (300, 450) \\ & \rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) & (2, 3) \end{bmatrix} \\
 R_{04} &= \begin{bmatrix} \text{IV} & \rho(\text{Cl}^-) & (250, 350) \\ & \rho(\text{SO}_4^{2-}) & (250, 350) \\ & \rho(\text{NO}_2^-) & (0.02, 0.1) \\ & \rho(\text{NO}_3^-) & (20, 30) \\ & \rho(\text{F}^-) & (1, 2) \\ & \rho(\text{NH}_4^+) & (0.2, 0.5) \\ & \rho(\text{TDS}) & (1000, 2000) \\ & \rho(\text{TH}) & (450, 550) \\ & \rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) & (3, 10) \end{bmatrix} & R_{05} &= \begin{bmatrix} \text{V} & \rho(\text{Cl}^-) & (350, 500) \\ & \rho(\text{SO}_4^{2-}) & (350, 1000) \\ & \rho(\text{NO}_2^-) & (0.1, 1) \\ & \rho(\text{NO}_3^-) & (30, 300) \\ & \rho(\text{F}^-) & (2, 10) \\ & \rho(\text{NH}_4^+) & (0.5, 1) \\ & \rho(\text{TDS}) & (2000, 3000) \\ & \rho(\text{TH}) & (550, 2000) \\ & \rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) & (10, 10) \end{bmatrix} & R_c &= \begin{bmatrix} \text{I-V} & \rho(\text{Cl}^-) & (0, 500) \\ & \rho(\text{SO}_4^{2-}) & (0, 1000) \\ & \rho(\text{NO}_2^-) & (0, 1) \\ & \rho(\text{NO}_3^-) & (0, 300) \\ & \rho(\text{F}^-) & (0, 10) \\ & \rho(\text{NH}_4^+) & (0, 1) \\ & \rho(\text{TDS}) & (0, 3000) \\ & \rho(\text{TH}) & (0, 2000) \\ & \rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) & (0, 10) \end{bmatrix} \\
 R_1 &= \begin{bmatrix} \text{I} & \rho(\text{Cl}^-) & 95.7 \\ & \rho(\text{SO}_4^{2-}) & 137.6 \\ & \rho(\text{NO}_2^-) & 0.3494 \\ & \rho(\text{NO}_3^-) & 193.7 \\ & \rho(\text{F}^-) & 0.71 \\ & \rho(\text{NH}_4^+) & 0.45 \\ & \rho(\text{TDS}) & 1005.6 \\ & \rho(\text{TH}) & 609 \\ & \rho(\text{COD}_{\text{Mn}}) & 1.14 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

从而确定出各水样的最终质量等级(表 4)。由表 4 可看出,除宝坻水源地及蓟县山前局部地段,天津市平原区浅层地下水水质总体较差:18 组评价样本中,11 组水质属于 V 级,4 组属于 IV 级。各评价因子权重计算表明,研究区地下水水质中 NO_3^- 的权重系数最大,其次是 TH 和 NH_4^+ ,即该区主要超标因子为 NO_3^- 、TH 和 NH_4^+ ,说明人类经济活动对浅层地下水水质影响较大。

将上述样本经典域、节域、物元矩阵分别代入式(4)~(8)中,可求得样本各评价因子的关联度,计算结果如表 2 所示。根据式(6)可计算得到各评价因子的权重系数,计算结果如表 3 所示。

按照上述步骤,利用物元可拓模型依次计算出所有水质样本的综合关联度,并根据等级评定方法,

为了检验基于物元可拓模型的浅层地下水水质评价结果的准确性,本文采用 GB/T14848—1993《地下水质量标准》中推荐的综合评分法,通过计算综合评价分值 F ,对同批水质样本进行了综合评价(表 4)。 F 值法测得水质污染指标主要为 NO_3^- 、 NH_4^+ 、 NO_2^- 、TH、 COD_{Mn} 和 F^- 等。两种评价方法的结果对比表明,18 组水样中,15 组水样评价结果完全一致,准确

表 2 1 号监测井关联度 $K_i(X_j)$ 计算结果

等级	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_2^-	NO_3^-	F^-	NH_4^+	TDS	TH	COD_{Mn}
I	-0.323	-0.389	-0.499	-0.497	0.290	-0.489	-0.412	-0.430	-0.109
II	0.457	0.124	-0.493	-0.493	-0.290	-0.489	-0.335	-0.337	0.140
III	-0.362	-0.083	-0.485	-0.473	-0.290	-0.357	-0.006	-0.207	-0.430
IV	-0.617	-0.450	-0.416	-0.458	-0.290	0.167	0.006	-0.088	-0.620
V	-0.727	-0.607	0.277	0.394	-0.645	-0.100	-0.497	0.041	-0.886

表 3 1 号监测井各评价因子权重 ω_i 计算结果

权重	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_2^-	NO_3^-	F^-	NH_4^+	TDS	TH	COD_{Mn}
ω_i	0.0570	0.0516	0.1607	0.2972	0.0300	0.1519	0.1018	0.1209	0.0289

度达 83% 以上。3 号、11 号和 15 号这 3 组评价结果略有不同,评价等级相差一级:其中 3 号和 11 号介于 IV-V 级之间,15 号介于 I-II 级之间。这可能与不同评价方法的评价等级区间划分相异有关^[8]。经验证,物元可拓模型在地下水水质定量评价方面,具有较高的可信度,是综合评价地下水水质的一种有效方法。

表 4 物元可拓法评定等级及综合评分法结果比较

井号	水质级别					物元可拓法评定等级	综合评分法	
	I	II	III	IV	V		分值	等级
1	0.077	0.289	0.296	0.481	1.140	V	7.91	V
2	0.000	0.094	0.350	0.716	1.310	V	7.84	V
3	0.384	0.725	0.415	0.000	0.380	IV	7.23	V
4	0.491	0.528	0.663	0.019	0.202	II	2.35	II
5	0.256	0.317	0.456	0.218	1.130	V	7.41	V
6	0.400	0.695	1.378	0.534	-0.286	II	2.39	II
7	0.382	0.969	0.926	0.491	-0.072	IV	4.50	IV
8	0.054	0.249	0.625	0.893	1.290	V	7.80	V
9	0.374	0.490	0.125	-0.113	1.043	IV	7.20	IV
10	0.108	0.470	0.774	0.607	0.743	V	7.62	V
11	0.267	0.520	0.371	-0.080	0.804	IV	7.28	V
12	0.121	0.361	0.861	0.514	0.845	V	7.71	V
13	0.006	0.128	0.409	0.453	1.268	V	8.05	V
14	0.113	0.363	0.792	0.466	0.804	V	7.43	V
15	1.000	1.094	0.489	-0.136	-0.743	I	2.17	II
16	0.143	0.490	0.763	0.616	0.676	V	7.34	V
17	0.156	0.379	0.658	0.282	0.883	V	7.48	V
18	0.018	0.102	0.350	0.514	1.682	V	8.37	V

4 结 论

a. 物元可拓模型通过区间的延拓实现了评价区区间整体的连续性,实用性强、逻辑性强,评价结果具有说服力。采用综合关联度与可拓指数来量化评价地下水水质优劣等级,是从物元和可拓集成的新视角对地下水水质的量化等级进行的新的评判,具有可行性。

b. 本文代表性选取 18 组浅层地下水水质样本,筛选 9 个评价因子,采用基于物元可拓法的水质综合评价模型进行了浅层地下水水质的定量评价,并通过综合评分法对物元可拓模型进行了验证,结果表明物元可拓模型能很好地评价地下水水质,可信度较高。物元可拓模型可作为传统地下水水质评价方法的有效补充。

c. 天津市平原区浅层地下水水质主要超标组分为 F^- 、TH、 NO_3^- 、 NO_2^- 和 NH_4^+ 等。其中, F^- 和 TH 是原生超标指标, NO_3^- 、 NO_2^- 和 NH_4^+ 等是人为污染指标。分析发现,天津市特定的地质环境背景,导致区域内 F^- 和 TH 等含量较高,是天津市浅层地下水水质超标率居高不下的自然原因;另一方面,研究区浅层地下水水位埋深较浅,水源上游垃圾随意弃置、企业生

产废水肆意排放及农药和化肥使用等人类经济活动,导致 NO_3^- 、 NO_2^- 和 NH_4^+ 等指标超标,已影响到浅层地下水环境。此外,城市排污和污水灌溉是近年来造成天津浅层水污染的主要原因。

d. 进一步分析发现,受人为开采影响,深层地下水位大幅度下降,改变了水动力条件,加大了浅层地下水和深层地下水之间的水量交换。随深度增加, NO_2^- 和 NH_4^+ 等人为污染物质已由浅层地下水移至深层第 IV 含水组地下水,在第 II 含水组、第 III 含水组和第 IV 含水组地下水中均有所检出,需要引起极大关注。

参考文献:

- [1] 王家兵. 天津地下水研究[M]. 北京:地质出版社,2013:36-38,174-176.
- [2] 杨耀栋,李晓华,王兰化,等. 天津市平原区水位动态特征与影响因素分析[J]. 地质调查与研究,2011,34(4):313-319. (YANG Yaodong, LI Xiaohua, WANG Lanhua, et al. Characteristics of the groundwater level regime and effect factors in the plain region of Tianjin City [J]. Geological Survey and Research, 2011, 34(4):313-319. (in Chinese))
- [3] 林立. 基于物元可拓模型的中国地方政府融资平台风险研究[J]. 经济理论与经济管理,2012(5):65-71. (LIN Li. Research on the risks of the local government financing platform based on entropy-weight and matter-element model [J]. Economic Theory and Economic Management, 2012(5):65-71. (in Chinese))
- [4] 傅春,林永钦. 鄱阳湖区资源综合利用评价指标的形成方法[J]. 水利水电科技进展,2006,26(1):37-39,53. (FU Chun, LIN Yongqin. Method for generation of evaluation index for comprehensive development and utilization of resources in Poyang Lake Region [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2006,26(1):37-39,53. (in Chinese))
- [5] 张乾飞,王艳明. 固体废弃物生态处理系统可拓模糊综合评价模型[J]. 河海大学学报:自然科学版,2008,36(5):135-140. (ZHANG Qianfei, WANG Yanming. Model of entropy-weight and fuzzy synthetic judgments on solid waste ecological treatment system[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2008,36(5):135-140. (in Chinese))
- [6] 颜霖,尹庆民. 基于物元可拓模型的江苏沿海地区地方政府融资平台风险分析[J]. 水利经济,2013,31(3):16-20. (YAN Lin, YIN Qingmin. Research on the risks of the local government financing platform in Jiangsu coastal areas based on entropy-weight and matter-element model [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2013,31(3):16-20. (in Chinese))

(下转第 69 页)

表5 沭河盆地水样分析评价

水样 编号	$\rho(\text{矿化度})/\rho(\text{总硬度})$ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NO}_3^-)$ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Cl}^-)$ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	F 值	质量 级别	水样 编号	$\rho(\text{矿化度})/\rho(\text{总硬度})$ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NO}_3^-)$ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Cl}^-)$ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	F 值	质量 级别		
1	1	1	0	0	0.91	优良	22	3	3	0	1	4.40	较差
2	3	3	0	0	1.09	良好	23	3	1	0	1	4.31	较差
3	3	6	0	3	2.36	良好	24	3	1	0	1	4.37	较差
4	3	6	0	1	1.91	良好	25	3	6	0	1	4.45	较差
5	3	10	0	3	2.55	较好	26	1	1	0	1	4.32	较差
6	3	3	0	1	1.09	良好	27	3	1	0	1	4.35	较差
7	3	3	3	1	1.36	良好	28	3	6	0	1	4.34	较差
8	1	1	0	0	4.32	较差	29	3	6	0	1	4.35	较差
9	1	1	0	0	4.31	较差	30	1	1	0	0	4.31	较差
10	1	1	0	1	2.18	良好	31	3	6	0	1	4.34	较差
11	1	1	0	1	2.17	良好	32	3	6	0	1	4.35	较差
12	3	3	0	0	2.24	良好	33	1	1	0	0	2.20	良好
13	1	3	0	1	2.22	良好	34	3	3	0	1	2.26	良好
14	3	1	0	0	4.37	较差	35	3	3	0	1	2.20	良好
15	3	3	0	3	2.30	良好	36	1	3	0	1	2.16	良好
16	1	1	0	0	2.17	良好	37	3	6	0	1	4.31	较差
17	1	1	0	1	0.73	优良	38	3	6	0	1	4.35	较差
18	3	3	0	1	2.33	良好	39	6	6	0	3	4.54	较差
19	1	1	0	1	2.17	良好	40	3	6	0	0	4.34	较差
20	1	1	0	1	2.18	良好	41	1	1	0	0	7.15	较差
21	3	3	0	1	2.26	良好	42	3	1	0	1	2.17	良好

4 结论

a. 莒县沭河盆地属侵蚀盆地,面积约 160 km²。含水层以第四系含沙砾石层为主,按砂层分布各向异性分为两个富水区。

b. 地下水补给来源主要为河流侧渗补给和大气降水补给,排泄方式以人工开采为主。

c. 现状条件地下水天然总补给量与总排泄量正均衡 2 312.85 万 m³/a,地下水开采潜力为 6.1 万 m³/d。

d. 地下水化学类型自上游至下游依次为 HCO₃ 型、HCO₃-Cl 型和 HCO₃-Cl-SO₄ 型,逐渐变差,水质达到Ⅲ级及以上标准的区域占总面积的 71.4%,总体满足供水质量要求。

参考文献:

[1] 于凤鸣,刘兴起,蒋援民,等. 保障莒县水资源可持续发展的对策[J]. 水资源保护,2004,20(2):57-59. (YU

Fengming, LIU Xingqi, JIANG Yuanmin, et al. The countermeasures of ensuring sustainable use of water resources in Ju County [J]. Water Resources Protection, 2004,20(2):57-59. (in Chinese))

[2] 孙仲明. 古河道的类别、成因与研究意义[J]. 灌溉排水,1984,3(2):42-45. (SUN Zhongming. Ancient river types, causes and significance [J]. Irrigation and Drainage, 1984,3(2):42-45. (in Chinese))

[3] GB50027—2001 供水水文地质勘查规范[S].

[4] 康凤新. 地下水允许开采量及其潜力评价研究[J]. 工程勘察,2005,35(3):29-33. (KANG Fengxin. Groundwater allowable exploitation and evaluation of potential [J]. Engineering Survey,2005,35(3):29-33. (in Chinese))

[5] 王文强. 综合指数法在地下水水质评价中的应用[J]. 水利科技与经济,2008,14(1):54-55. (WANG Wenqiang. Application of composite index method in groundwater quality evaluation [J]. Hydraulic Technology and Economy, 2008,14(1):54-55. (in Chinese))

[6] GBT14848-1993 地下水质量标准[S].

(收稿日期:2014-06-19 编辑:徐 娟)

(上接第 19 页)

[7] 兰双双,姜纪沂,王滨. 基于物元可拓法的地下水水质评价:以梨树县平原区浅层地下水为例[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2009,39(4):722-727. (LAN Shuangshuang,JIANG Jiyi,WANG Bin. Evaluation of groundwater quality based on matter-element and extension means: taking shallow groundwater of plain areas in Li shu for example [J]. Journal of Jilin University: Earth Science

Edition, 2009,39(4):722-727. (in Chinese))

[8] 汤洁,李艳梅,卞建民,等. 物元可拓法在地下水水质评价中的应用[J]. 水文地质工程地质,2005(5):1-5. (TANG Jie,LI Yanmei,BIAN Jianmin, et al. Application of matter-element and extension to groundwater quality evaluation [J]. Hydrogeology and Engineering Ecology, 2005(5):1-5. (in Chinese))

(收稿日期:2014-06-09 编辑:徐 娟)