庆南地区水质分析与水源成井分析

冶丽梅　(甘肃煤炭地质勘查院,甘肃兰州 730030)

摘要　[目的]探明影响庆南地区水质评价标准的因素及其分布规律。[方法]在研究区内,以21个采样点的溶解性固体总量(TDS)、总硬度为分析元素,利用内梅罗指数法综合评价研究区水质污染程度,对整个研究区的水质情况进行合理判定。[结果]预测区与现状污染区有高度的重叠性,可作为今后水质专项研究的重点区域。在该区域内利用地电特征来确定水源井区域可获得较好的成果。[结论]该研究可为庆南地区地下水资源的保护提供科学依据。

关键词　水化学分类;综合指数分析法;水质污染预测;水源成井
中图分类号　S27　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 -6611(2016)23 -53 -03

Analysis of Water Quality and Water Supply Well in Southern Qingyang

YE Li-mei　(Gansu Coal Geological Exploration Institute, Lanzhou, Gansu 730030)

Abstract　[Objective] To study factors influencing the assessment standards of water quality in southern Qingyang and its distribution laws. [Method] Based on the data of total dissolved solids (TDS) and total hardness at 21 sampling sites, the water pollution of the study area was assessed by using Nemerow index method. [Result] There was high overlap between the forecast area and the present polluted area, and thus the forecast area can be used as the key area in future research of water quality. In this area, using geoelectric characteristics to determine water supply well can obtain good results. [Conclusion] The research can provide scientific references for protection of groundwater resources in southern Qingyang.

Key words　Hydrochemical classification; Comprehensive index analyzing approach; Water pollution forecast; Water supply well

地下水中的某些离子的分布与其所处环境有一定的关联性,对于分布比较离散的离子其研究意义不是很大,而针对具体采样化验结果中数值反应密集的离子进行规范化分析更具有现实指导意义[1-3]。庆南地区位于甘肃省庆阳市南部,隶属于陇东煤炭与煤电化基地。庆阳市是甘肃省赋煤好的区域之一,其中主要保有的煤炭储量位于庆南地区的正宁县、宁县、合水县及环县等地。早期该区域内只有大比例尺的水文地质调查,对水质的认识程度较低,且局限性较大。近年来,该地区划定了一些大型煤炭勘查区,在取得煤层基础资料的基础上进一步核实了水质的情况。白垩系水是当地饮用水的第1个开采层,近年来煤炭资源的开采与开发使得地下水化学特征有部分变化,因此,笔者在重点水源地附近采取地下水样,对其水质进行系统分析,同时对地下水污染区变化进行预测分区,然后以水源成井选择条件来确定合适的水源成井区域,旨在为今后开采矿井时保护地下水资源提供参考。

1　材料与方法

1.1　研究区概况　庆南地区地下水以白垩系下统层状孔隙、裂隙承压水为主,第四系潜水及新近系、侏罗系承压水次之;深部环河组、洛河组、直罗组、延安组普遍具有承压水分布,其中洛河组富水性较好,其他含水层的富水性差。研究区内的采样点分布如图1所示。

储存于第四系中更新统离石黄土中的地下水以大气降水补给为主。第四系中更新统黄土层潜水由塬面中心地段向四周径流,径流条件好。河谷区现代冲洪积层潜水由两侧向中心或由上游向下游径流。河谷区现代冲洪积层潜水与其两侧的基岩风化裂隙带潜水有密切的水力联系,具有良好的储水空间,透水性、储水性强,易接受大气降水的渗入补给;水位埋藏浅,一般3.0~6.0 m,季节性变化明显,且与地表河流存在互补关系,一般枯水期地下水补给地表水,丰水期地表水补给地下水。区内白垩系下统环河组以泥岩及砂质泥岩为主,具有良好的隔水性能,且其厚度大,因而下伏的白垩系下统洛河组、宜君组含水层及侏罗系承压裂隙含水层基本不接受区内大气降水的间接补给。补给来源主要为西部的含水层侧向补给,层间越流补给极为微弱(图2)。

1.2　研究方法　采样时间为2010~2013年,采样地点垂直于地下水流向。采样容器材料选用聚乙烯类材料,容器以清洁剂稀水溶液清洗,自来水冲洗,纯水清洗3次,控干或烘干后旋紧瓶盖。储存在1~5 ℃的气温下保存时限最长为30 d。在研究区内,以21个采样点的溶解性固体总量(TDS)、总硬度为分析元素,利用内梅罗指数法综合评价研究区水质污染程度,便于对整个研究区的水质情况作合理判定。以单因子指数法来确定主要污染指标,以综合因子指数法来评价水质污染程度[4]。单因子指数法是以某项组分 i 的实测浓度与这种 i 组分的评价标准的比值来反映地下水的受污染程度,当比值<1时,表示地下水未受到污染;比值>1,表示地下水已受到污染,并且数值越大表示受污染程度越严重[5]。TDS和总硬度的评价标准以Ⅲ类水作为基准,以便直接判断是否可以供生活饮用。

$$Fi = Ci/Si \tag{1}$$

$$F = \sqrt{\frac{(F\max)^2 + (\vec{F^2})}{2}} \tag{2}$$

$$\vec{F} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Fi \tag{3}$$

式中,Fi 表示单项污染指数;Ci 为单项污染物含量实测值;Si 为单项污染物评价标准;F 为采样点的综合污染指数;$\vec{F}$ 为单项污染指数的平均值;$F\max$ 为单项污染指数的最大值。

作者简介　冶丽梅(1984 -),女,回族,青海民和人,工程师,从事水文地质、工程地质勘查工作。
收稿日期　2016-06-23

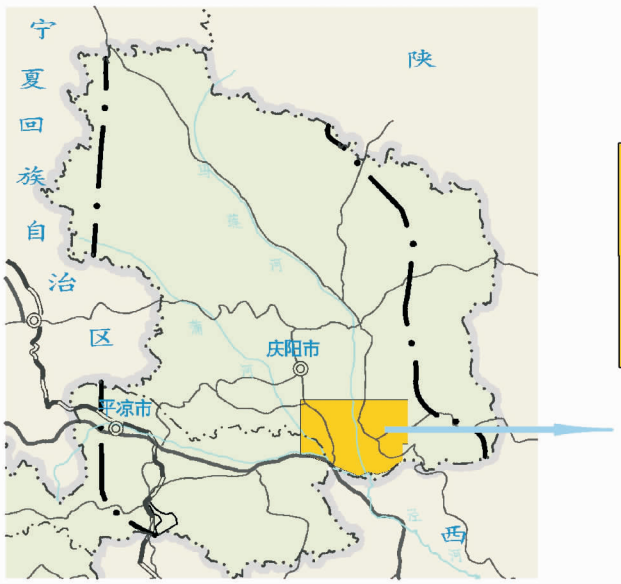
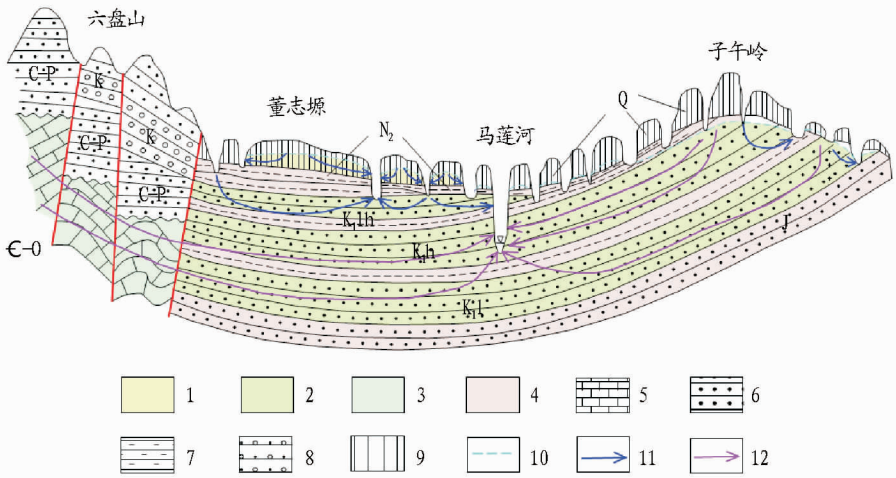


图 1 研究区位置及采样点分布

Fig. 1 Location of the research area and distribution of sampling sites



注:1. 黄土含水层;2. 白垩系含水层;3. 岩溶含水层;4. 隔水层;5. 碳酸盐岩;6. 砂岩;7. 泥岩;8. 砾岩; 9. 黄土;10. 潜水位;11. 浅层地下水流线; 12. 深层地下水流线。

Note:1. Aquifer of loess; 2. Aquifer of cretaceous; 3. Aquifer of karst area; 4. Aquiclude; 5. Carbonate rock; 6. Sandstone; 7. Mudstone; 8. Conglomerate; 9. Loess; 10. Water table; 11. Flow lines of shallow groundwater; 12. Flow lines of deep groundwater.

图 2 白垩系水文地质剖面图

Fig. 2 Hydrogeological profile in groundwater of cretaceous

2 结果与分析

2.1 水质分析结果 由于平均值和标准差不能反映数据的离散程度,因些在数据分析中引入变异系数作为参考选定的项目。由表 1 可以看出,NO_3^- 和 NH_4 的变异系数分别达到 0.82 和 1.25,变异性较大;Mg^{2+}、Cl^-、Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 的变异系数分别为 0.54、0.49、0.47 和 0.47,分散程度存在一定的离散性;其余水化学成分的数值尽管平均值与中值存在一定的差异,但其变异系数变化不大,其中,pH 变异系数仅为 0.04,中值与平均值仅差 0.07。根据舒卡列夫分类表[5]对 21 组水样进行水化学分类,其结果显示绝大多数为 35 - B,少量为 39 - B,极个别为 33 - A(A 型矿化度 < 1.5 g/L,B 型矿化度为 1.5 ~ 10.0 g/L)。研究区采样点的矿化度类型共有 4 类,分别为 SO_4 - Na、Cl - Na、SO_4 - Ca、SO_4 - Mg,其主要水化学类型为 SO_4 - Na 型(图 3)。

根据单因子指数法评价分析结果(表 2)和综合指数法评价分析结果(表 3),再结合地下水综合指数分区表[5]可判断研究区的地下水 TDS 综合污染指数 > 3.00,属于重度污染区;另根据总硬度综合污染指数为 1.65 可判断研究区属于初始污染区。2 种因素综合考虑得出,研究区的污染已经开始,并已经趋于严重势态,应采取得力措施防止地下水源受到进一步污染。

表 1　采样点的水化学特征统计

Table 1　Water chemical characteristics of the sampling sites

项目 Item	Na^+ mg/L	Mg^{2+} mg/L	Ca^{2+} mg/L	NH_4 mg/L	Cl^- mg/L	SO_4^{2-} mg/L	NO_3^- mg/L	HCO_3^- mg/L	TDS mg/L	pH
最大值 Maximum	1 577.55	156.81	222.75	0.70	1 084.60	2 901.78	1.68	491.42	5 713.40	8.38
最小值 minimum	72.47	10.43	19.93	0.01	9.68	236.60	0.03	101.29	1 276.08	7.35
平均值 Average	979.85	78.51	118.95	0.26	582.69	1 660.90	0.65	244.91	3 829.43	7.98
中值 Median	1 153.40	84.77	133.00	0.17	708.00	1 720.49	0.60	238.15	4 324.92	7.91
标准差 Standard deviation	466.26	45.37	62.36	0.21	344.83	809.39	0.49	73.03	1 396.80	0.32
变异系数 Coefficient of variation	0.40	0.54	0.47	1.25	0.49	0.47	0.82	0.31	0.32	0.04

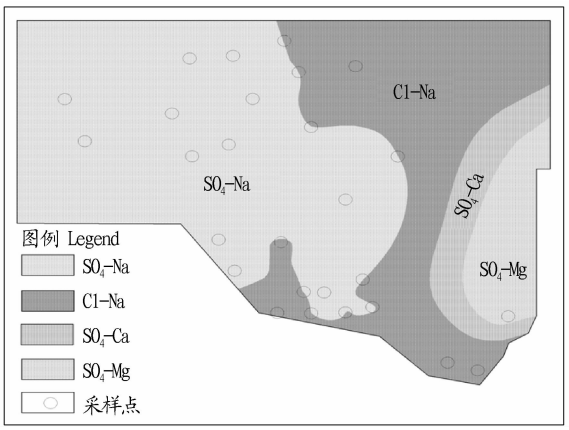


图 3　研究区水化学类型分布

Fig. 3　Zoning of the hydrochemical types in the study area

表 2　单因子指数法评价结果

Table 2　Evaluation results of single factor index method

样点 Sampling site	污染指数 Pollution index	
	TDS	总硬度 Total hardness
1	5.7	1.8
2	2.6	0.5
3	3.5	1.0
4	4.9	1.8
5	3.5	1.1
6	4.4	1.7
7	5.3	2.1
8	2.1	0.4
9	2.0	0.4
10	5.3	2.0
11	4.8	1.6
12	4.3	1.9
13	1.3	0.2
14	1.1	0.9
15	0.5	0.7
16	5.4	0.1
17	5.4	0.1
18	1.9	0.5
19	0.7	0.5
20	0.9	0.3
21	5.7	1.8

表 3　综合指数法评价分析结果

Table 3　Evaluation results of comprehensive index method

项目 Item	TDS	总硬度 Total hardness
$\bar{F}$	3.29	0.96
Fmax	5.71	2.14
F	4.66	1.65

图 4 为研究区总硬度污染指数分布情况，图 5 为研究区 TDS 污染指数分布情况，2 种因素影响范围有一定的重叠区。结合 2 种因素的重叠区可以作为水质研究的重点靶区，防止已污染区的水质进一步恶化。由图 6 可知，2 种因素叠加的结果显示重度污染区的范围明显扩大。值得提出的是，导致这种评价结论仅与某一类的水质评价因素相关。

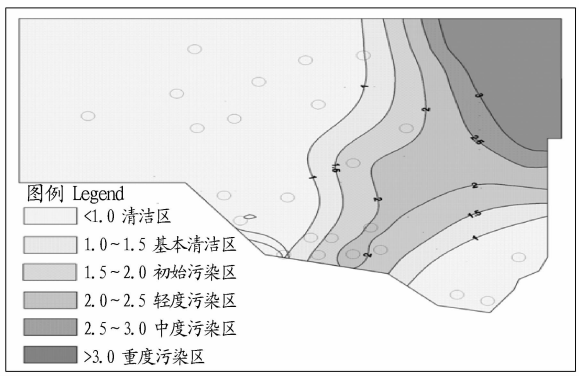


图 4　研究区总硬度污染指数分布

Fig. 4　Zoning of total hardness pollution index in the study area

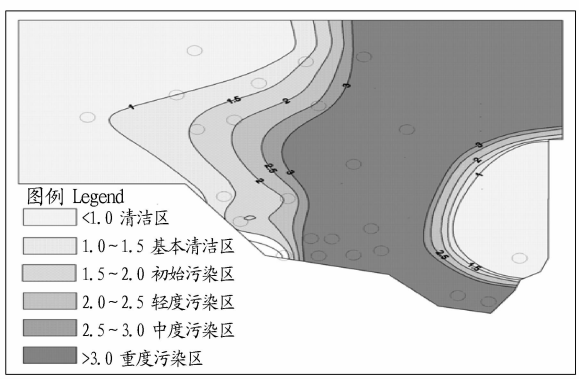


图 5　研究区 TDS 污染指数分布

Fig. 5　Zoning of TDS pollution index in the study area

2.2　水源井选择分析　首先要将拟采的含水层岩性进行分类（如松散岩类区、碎屑岩类区、碳酸岩类区和复合岩类区），在含水层分类的基础上深入进行地形地貌特征、地层岩性及地电特征的分析。该研究区域的含水层分类为碎屑岩区，由于其含水介质主要为孔隙含水岩组，在一般情况下，其水质较好的范围普遍反映出高阻特征[1]。因此，需要在水质较好的层位找高阻区。若遇到高阻区中电阻率持续下降则可能

（下转第 86 页）

Wada 等[19]研究发现,育珠贝的贝壳重量与所产珍珠的重量呈正相关性,该研究也得到类似的结果。珍珠的珠层厚度、珍珠直径和珍珠重量 3 个珍珠的经济性状均与育珠贝贝壳的壳宽、壳长、总壳重和左壳重具有显著相关性,说明马氏珠母贝育珠贝的生长速度越快,个体越大,贝壳越隆起,培育大型珍珠的可能性越高,推测育珠贝的生长状况在一定程度上影响珍珠的培育,在实践中可以将贝壳的壳宽、壳长等经济性状作为育珠贝选择育种的重要指标。

3.2 *msi*60 相对表达量与经济性状之间的相关性 该研究发现,贝壳和珍珠的珍珠层厚度存在显著相关性(P = 0.019),虽然珍珠和贝壳具有相同组成成分的珍珠质层,但贝壳的矿化过程对于育珠贝而言是一个必需的生长过程,而珍珠的形成对于育珠贝而言是一个排斥异物的免疫过程[18],由于形成珍珠的珍珠囊是来源于小片贝的组织,其遗传物质与育珠贝不同,*msi*60 基因在珍珠囊的表达和在外套膜内缘的表达并不完全相同。另外,生物矿化受多基因调控且易受环境因素的影响,因此,该研究仅发现 *msi*60 在外套膜内缘的相对表达量与珍珠重量(P = 0.059)存在相关性。

该研究通过探讨马氏珠母贝珍珠、贝壳经济性状和 *msi*60 在外套膜内缘组织基因表达量之间的相关性,初步探讨了生物矿化过程在珍珠形成和贝壳的珍珠质层形成过程中的异同,为阐明生物矿化分子机制研究提供资料。

参考文献

[1] 曹占旺,王大鹏,甘西. 马氏珠母贝及海水珍珠的研究进展[J]. 广西农业科学,2009,40 (12):1618 - 1622.

[2] 童银洪,邓陈茂,陈敬中. 中国珍珠业的历史、现状和发展[J]. 中国宝玉石,2005,57(3):27 - 29.

[3] SUDO S,FUJIKAWA T,NAGAKURA T,et al. Structure of mollusk shell framework proteins[J]. Nature,1997,387:563 - 564.

[4] WADA K. Science of the pearl oyster[M]. Tokyo:Shinju Shinbunsha,1999.

[5] TAKEUCHI T,ENDO K. Biphasic and dually coordinated expression of the genes encoding major shell matrix proteins in the pearl oyster *Pinctada fucata*[J]. Marine biotechnology,2006,8:52 - 61.

[6] ZHANG C,ZHANG R Q. Matrix proteins in the outer shells of mollusks [J]. Marine biotechnology,2006,8:572 - 586.

[7] 王爱民,阎冰,叶力,等. 马氏珠母贝不同地理种群内自繁和种群间杂交子一代主要性状的比较[J]. 水产学报,2003,27(3):200 - 206.

[8] 王爱民,石耀华,顾志峰,等. 马氏珠母贝遗传育种与养殖新技术[C]// 国际海洋论坛. 中国湛江,2005:16 - 22.

[9] 熊大仁. 珍珠的质量和影响珍珠质量的因素[J]. 水产与教育,1975 (1):56 - 61.

[10] 龚源海. 聚乙烯吡咯烷酮(PVP)处理小片加速珍珠形成研究的统计分析[J]. 水产与教育,1975 (2):60 - 70.

[11] 符韶,邓陈茂,黄海立,等. 马氏珠母贝养殖与育珠笼具的改进[J]. 海洋科学,2001,25(3):23 - 24.

[12] INOUE N,ISHIBASHI R,ISHIIKAWA T,et al. Gene expression patterns and pearl formation in the Japanese pearl oyster (*Pinctada fucata*):A comparison of gene expression patterns between the pearl sac and mantle tissues[J]. Aquaculture,2010,308:68 - 74.

[13] MCGINTY E,ZENGER K R,TAYLOR J U,et al. Diagnostic genetic markers unravel the interplay between host and donor oyster contribution in cultured pearl formation[J]. Aquaculture,2011,316:20 - 24.

[14] SHI Y H,YU C C,GU Z F,et al. Characterization of the pearl oyster (*Pinctada martensii*) mantle transcriptome unravels biomineralization genes[J]. Marine biotechnology,2013,15(2):175 - 187.

[15] MIYAZAKI Y,NISHIDA T,AOKI H,et al. Expression of genes responsible for biomineralization of *Pinctada fucata* during development [J]. Comp Biochem Physiol B,2010,155:241 - 248.

[16] WANG N,KINOSHITA S,RIHO C,et al. Quantitative expression analysis of nacreous shell matrix protein genes in the process of pearl biogenesis [J]. Comp Biochem Physiol B,2009,154:346 - 350.

[17] LIVAK K J,SCHMITTGEN T D. Analysis of relative gene expression data using real - time quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta CT}$ method[J]. Methods,2001,25(4):402 - 408.

[18] 蒙钊美,李有宁,邢孔武. 珍珠养殖理论与技术[M]. 北京:科学出版社,1995.

[19] WADA K,KOMARU A. Color and weight of pearls produced by grafting the mantle tissues from a selected population for white shell color of the Japanese pearl oyster *Pinctada fucata martensii* (Dunker)[J]. Aquaculture,1996,142:25 - 32.

(上接第 55 页)

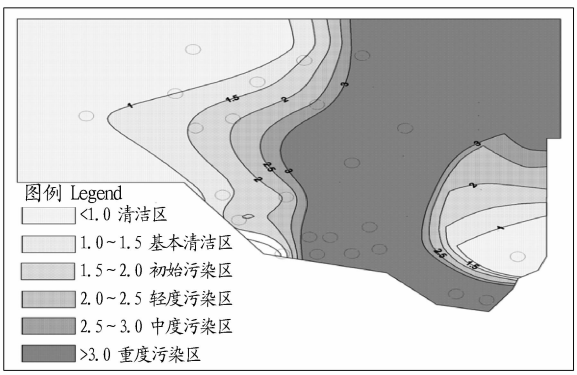


图 6 研究区污染预测分布

Fig. 6 Zoning of pollution forecast in the study area

是由于其颗粒变细、水质矿化度变高造成的,需在研究中重点把握。

3 结论

(1)研究显示,TDS 污染程度最重地区(污染指数 >3.00)呈带状分布,对照该地区的地质图可以看出,该分布区与地理地貌吻合,在泾河附近其污染程度是全区最严重的区域,应与人类的活动有密切的关系。因此,下一阶段要特别注意已污染区域的有效隔离,防止污染进一步扩大。

(2)研究区西北角、东南部的水质较好,经处理后可作为生活用水和工业用水。

(3)根据该地区的地下水赋存特点,除了地层沉积厚度较大的中心塬区、古河道及地势低洼的细粉砂层这些特殊地区之外,还要根据地电特征,重点筛查白垩系洛河组地电特征,划出高阻带,作为水源靶区。

参考文献

[1] 樊小舟. 水文地质钻探与水源井成井技术[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2015.

[2] 杨文焕,陈阿辉,李卫平,等. 克鲁伦河水质评价及其对呼伦湖水环境影响分析[J]. 环境工程,2015,33(10):113 - 116.

[3] 曾玉超,戴韵,刘娜,等. 基于指标分类的地下水水质评价模型及其应用[J]. 世界地质,2008,27(3):279 - 283.

[4] 卢文喜,李迪,张蕾,等. 基于层次分析法的模糊综合评价在水质评价中的应用[J]. 节水灌溉,2011(3):43 - 46.

[5] 汪民,殷跃平,文冬光. 水文地质手册[M]. 北京:地质出版社,2012.