

山东半岛蓝色经济区 烟台市地下水质量综合评价

于林弘

(山东省第三地质矿产勘查院, 山东烟台 264004)

摘要:该文以山东半岛蓝色经济区烟台城市地质调查范围 636 km² 作为研究区,选取 136 个水质监测结果中的 10 种因子,选取基于熵权的综合指数法进行评价,详细介绍了熵权综合指数法在地下水水质评价中的应用。结果显示,研究区内水质评价结果共分为 5 个区,其中 I~III 类水占总面积的 40.1%,IV,V 类水占总面积 59.9%,总体水质一般,主要原因是工业污水、生活污水大量排放,化肥、农药的大量使用、大量开采地下水。较差区域主要分布在开发区大季家镇-古现镇-福山区臧家镇-福山区兜余镇-莱山区孙家滩以北、八角镇-永福园以南,莱山街道-解甲庄街道以北,养马岛,牟平武宁镇、研究区河流下游及沿海地带,超标因子主要有亚硝酸盐、硝酸盐、氯化物、溶解性总固体(TDS)、总硬度、氨氮、镉、铅、挥发酚等。该方法计算过程简单合理,结果客观、可靠、合理,值得推广应用。

关键词:熵权;综合指数法;水质评价;地下水;山东半岛蓝色经济区;烟台市

中图分类号:X523

文献标识码:B

doi:10.12128/j.issn.1672-6979.2019.01.011

引文格式:于林弘.山东半岛蓝色经济区烟台市地下水质量综合评价[J].山东国土资源,2019,35(1):71-77. YU Linhong. Comprehensive Assessment of Groundwater Quality in Yantai City in Shandong Peninsula Blue Economic Zone[J].Shandong Land and Resources, 2019,35(1):71-77.

0 引言

随着经济的快速发展、人口增加、城市规模的不断扩大,烟台市出现了城市环境与生态透支的现象,过快过量的城市改造在一定程度上破坏了自然生态系统,加上历史上形成的化工、建材、机械等工业污染源,污水排放量逐年增加,导致城市环境问题急剧增加,农业大量使用化肥、农药,地下水污染问题突显,制约了城市的可持续发展;除此之外,大量的开采地下水,导致地下水位多年来持续下降,海水入侵面积增大。十九大报告提出坚持人与自然和谐共生的理念,必须坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针,形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式,还自然以宁静、和谐、美丽。可见保护地下水生态环境关系到和谐社会的可持续发展,关系到子孙后代的身体健康。

该文针对烟台市地下水水质检测结果,选取 10 种离子作为评价因子,利用熵权法计算各评价指标的权重,利用综合指数法对水质结果进行综合评价,划分研究区水质情况分区图,利于了解烟台市水质现状,为今后地下水保护和修复提供了基础资料。

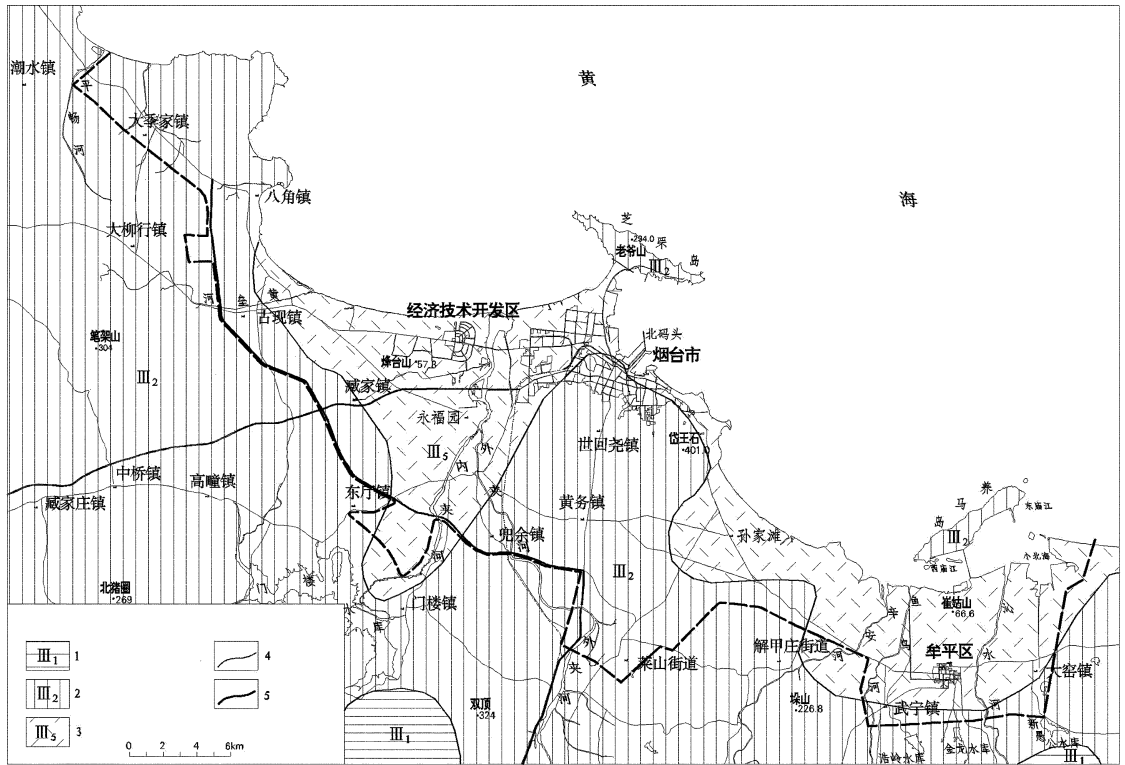
1 研究区概况

根据《烟台市城市总体规划(2006年—2020年)》,研究区范围为芝罘区、莱山区、高新区、开发区及福山区、牟平区的城建规划区,西起开发区大季家,东到牟平区金山港,北至海岸线,南至东陌堂,面积 636 km²。地势总体南高北低,自南向北逐渐延伸为山前平原和滨海平原,海拔均在 50 m 以下,在山东省地貌分区中主要属于构造剥蚀丘陵亚区和堆积山间平原、滨海平原亚区(图 1)。

收稿日期:2018-07-24;修订日期:2018-08-14;编辑:曹丽丽

基金项目:山东省 2012 年度地质勘查项目,山东半岛蓝色经济区烟台城市地质调查(鲁勘字[2012]56 号)

作者简介:于林弘(1985—),女,山东栖霞人,工程师,主要从事水工环地质等工作;E-mail:yulinhong305@163.com



1—构造侵蚀低山丘陵亚区, 2—构造剥蚀丘陵亚区, 3—堆积山间平原、滨海平原亚区, 4—分区界线, 5—研究区界线

图 1 研究区地貌分区图

研究区内属暖温带季风型大陆性气候, 四季分明, 气候温和, 年平均风速 3.5 m/s, 多年平均气温 11.4℃ (1979—2017 年), 多年平均降水量 648.27 mm (1979—2017 年), 多年平均蒸发量 1 745.7 mm, 多年平均无霜期 199 d^[1]。

按地下水赋存特征及含水层性质, 区内地下水类型分为松散岩类孔隙含水岩组、碎屑岩类孔隙裂隙含水岩组、碳酸岩类岩溶裂隙含水岩组和基岩裂隙含水岩组。

2 样品采集与分析

共采取地下水水样 136 件, 各采集点位置见图 2, 按 8~12 件/100 km² 采取, 每个取样点均有 GPS 定位, 取样瓶为 500 mL 白色塑料瓶, 水样 24 h 内送至山东省第三地质矿产勘查院实验室化验。水质分析项目主要为 pH 值、游离二氧化碳、侵蚀性二氧化碳、氯离子、硫酸根、重碳酸根、碳酸根、钾离子、钠离子、钙离子、镁离子、全硬度、溶解性总固体、氨、硝酸盐、亚硝酸盐、氢氧根、磷酸根、铁、锰、氟化物、可溶性二氧化硅、矿化度、汞、砷、六价铬、氰化物、酚等。检测采用的仪器主要有原子吸收分光光度计、紫外

分光光度计、离子色谱仪、ICP - MC、多参数分析仪、电导率仪、原子光谱分光光度计等。

3 地下水环境质量评价

3.1 评价方法

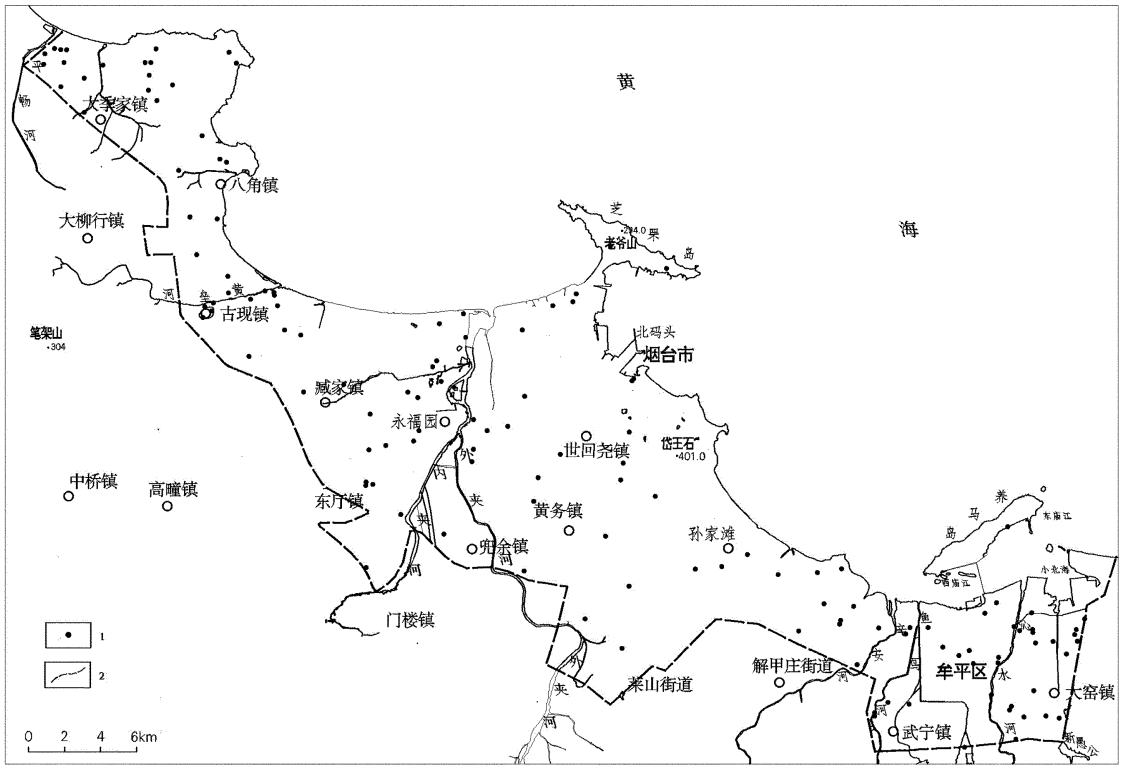
3.1.1 方法选择

目前水质评价方法有多种, 包括单因子评价法^[2-3]、模糊评价法^[4-7]、综合指数法^[7]、熵权集对分析法^[8-10]、灰色评价法^[11-14]等。鉴于水质评价的随机性、复杂性, 水质评价暂时没有统一的评价方法。单因子评价方法过于悲观; 熵权集对分析法虽评价结果可靠, 但过于复杂, 不易理解; 模糊评价法考虑了水质和各污染因子间的非线性关系, 但主观性较强; 灰色评价法评价精度低, 认为主观性大, 且过程复杂; 综合指数法方法简单, 含义清晰、容易理解, 评价结果可靠, 基本反映了地下水的污染程度。该文利用熵权法确定各个评价指标的权重, 可以消除主观人为因素的干扰, 权重结果更为准确^[15-16], 采用综合指数法对研究区的水质进行分析^[17-18]。

地下水质量评价标准采用《地下水质量标准》(GB/T14848 - 2017)^[19]中的水质分类标准, 分级标

准如表 1 所示。将地下水质量分为 5 个等级。以水质监测资料为基础,结合以往的水质结果,选取对研究区内水质影响较大的 10 种离子作为参与评价的

因子,主要有亚硝酸盐、硝酸盐、氯化物、硫酸盐、氨氮、溶解性总固体(TDS)、总硬度、镉、铅、挥发酚。



1—取样点位置;2—研究区界线
图 2 研究区样品采集点位置示意图

表 1 地下水水质常规指标分级标准

| 序号 | 项目(mg/L) | I类 | II类 | III类 | IV类 | V类 |
|----|----------------------------|---------|--------|--------|-------|-------|
| 1 | 亚硝酸盐(以 N 计) | ≤0.01 | ≤0.1 | ≤1.0 | ≤4.80 | >4.80 |
| 2 | 硝酸盐(以 N 计) | ≤2.0 | ≤5.0 | ≤20.0 | ≤30.0 | >30.0 |
| 3 | 氯化物 | ≤50 | ≤150 | ≤250 | ≤350 | >350 |
| 4 | 硫酸盐 | ≤50 | ≤150 | ≤250 | ≤350 | >350 |
| 5 | 氨氮(NH ₄) | ≤0.02 | ≤0.1 | ≤0.5 | ≤1.5 | >1.5 |
| 6 | 总硬度(以 CaCO ₃ 计) | ≤150 | ≤300 | ≤450 | ≤650 | >650 |
| 7 | 溶解性总固体 TDS | ≤300 | ≤500 | ≤1000 | ≤2000 | >2000 |
| 8 | 镉 | ≤0.0001 | ≤0.001 | ≤0.005 | ≤0.01 | >0.01 |
| 9 | 铅 | ≤0.005 | ≤0.005 | ≤0.01 | ≤0.1 | >0.1 |
| 10 | 挥发性酚类(以苯酚计) | ≤0.001 | ≤0.001 | ≤0.002 | ≤0.01 | >0.01 |

3.1.2 熵权法确定权重系数

(1)建立地下水水质评价矩阵:设地下水水质待评价样本有 x 件,则有 $M_1, M_2, \dots, M_i (i=1, 2, \dots, x)$,评价指标有 y 种,则指标数列为 $N_1, N_2, \dots, N_j (j=1, 2, \dots, y)$,设样本 M_i 在评价指标 N_j 下的检测值为 P_{ij} ,将地下水质量的 5 种分类标准对应的评价指标也作为实测样本,由此建立了 $x+5$ 个样本与 y 种评价指标构成的初始评价矩阵 $(P_{ij})_{(x+5) \times y}$ 。

(2)初始矩阵标准化处理:从表 1 可以看出,10

种评价指标均为负向评价指标,即实测值越小,对应的水质越优,将初始矩阵根据式(1)(2)进行标准化处理,得到标准化矩阵 $(Y_{ij})_{(x+5) \times y}$ 。

$$Y_{ij} = \frac{(P_{ij})_{\min}}{P_{ij}} \quad (1)$$

$$Y_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^{x+5} Y_{ij}} \quad 0 \leq Y_{ij} \leq 1 \quad (2)$$

(3)信息熵值的确定:根据斯林公式计算,可得 j 项指标的信息熵值 e_j

$$e_j = -k \sum_{i=1}^{x+5} Y_{ij} \ln Y_{ij} \quad (3)$$

式中: $k=1/\ln(x+5)$, k 是与评价样本 x 有关的常数,无量纲。

(4)信息效用值确定:某项指标的信息效用值 h_j 取决于该指标的信息熵与 1 的差值

$$h_j = 1 - e_j \quad (4)$$

(5)评价指标权重确定:信息熵越大,该指标在评价中所起的作用也越小,反之越大。 j 项指标的

权重为:

$$\omega_j = \frac{h_j}{\sum_{j=1}^y h_j} \quad (5)$$

3.1.3 综合指数法

通过权重计算的结果计算第 i 个样本的地下水水质综合指数为:

$$E_{ij} = \sum_{j=1}^y W_j Y_{ij} \quad (6)$$

3.2 评价结果

根据公式(1)~(5),求得 2013 年烟台市 136 个地下水水质检测结果与 5 类地下水质量标准的综合指数值,如表 2 所示。

表 2 地下水水质评价指标的信息熵值、信息效用值和权重值

| 水质指标 | 信息熵值 e_j | 信息效用值 h_j | 权重 ω_j |
|----------------------------|------------|-------------|---------------|
| 亚硝酸盐(以 N 计) | 0.9461 | 0.0539 | 0.047 |
| 硝酸盐(以 N 计) | 0.7461 | 0.2539 | 0.2214 |
| 氯化物 | 0.9529 | 0.0471 | 0.0411 |
| 硫酸盐 | 0.8694 | 0.1306 | 0.1139 |
| 氨氮(NH ₄) | 0.901 | 0.099 | 0.0864 |
| 总硬度(以 CaCO ₃ 计) | 0.9396 | 0.0604 | 0.0526 |
| 溶解性总固体 TDS | 0.9773 | 0.0227 | 0.0198 |
| 镉 | 0.9943 | 0.0057 | 0.0049 |
| 铅 | 0.5332 | 0.4668 | 0.4071 |
| 挥发性酚类(以苯酚计) | 0.9933 | 0.0067 | 0.0059 |

根据公式(6),得出综合指数值见表 3。

表 3 基于熵权的综合指数计算结果

| 编号 | 综合指数值 | 综合排序 | 编号 | 综合指数值 | 综合排序 | 编号 | 综合指数值 | 综合排序 | 编号 | 综合指数值 | 综合排序 |
|----------|--------|------|----------|--------|------|----------|--------|------|----------|--------|------|
| SW1001 | 0.0025 | 102 | SW2126 | 0.0022 | 117 | CSK16 | 0.0035 | 58 | CSK27-1 | 0.0148 | 14 |
| SW1001-1 | 0.0029 | 80 | SW2129 | 0.0031 | 72 | CSK17 | 0.0035 | 62 | CSK28 | 0.0529 | 7 |
| SW1003 | 0.0038 | 54 | SW2131 | 0.0023 | 111 | CSK18 | 0.0561 | 4 | CSK29 | 0.0034 | 63 |
| SW1007 | 0.0046 | 40 | SW2132 | 0.0047 | 37 | CSK19 | 0.0025 | 103 | CSK30 | 0.0559 | 5 |
| SW1009 | 0.0040 | 48 | SW2132-1 | 0.0028 | 86 | CSK20 | 0.0032 | 70 | CSK31 | 0.0545 | 6 |
| SW1011 | 0.0028 | 84 | SW2133-1 | 0.0060 | 25 | CSK21 | 0.0015 | 139 | CSK32 | 0.0019 | 133 |
| SW1011-1 | 0.0032 | 69 | SW2154 | 0.0025 | 100 | CSK22 | 0.0157 | 12 | CSK33 | 0.0024 | 105 |
| SW1013 | 0.0044 | 43 | SW2155 | 0.0031 | 74 | CSK23 | 0.0693 | 1 | CGS14 | 0.0023 | 112 |
| SW1016 | 0.0053 | 32 | SW2157 | 0.0021 | 124 | CSK24 | 0.0693 | 1 | CGS15 | 0.0023 | 113 |
| SW1019 | 0.0017 | 137 | SW3001 | 0.0053 | 30 | CSK25 | 0.0053 | 31 | CGS16 | 0.0018 | 135 |
| SW1023 | 0.0021 | 120 | SW3002 | 0.0028 | 85 | CSK26 | 0.0017 | 136 | CGS17 | 0.0035 | 61 |
| SW1024 | 0.0039 | 52 | SW3003 | 0.0054 | 29 | CSK27 | 0.0090 | 19 | SK1 | 0.0024 | 106 |
| SW1029 | 0.0016 | 138 | SW3004 | 0.0086 | 20 | CSK1 | 0.0044 | 44 | SK2 | 0.0203 | 9 |
| SW1035 | 0.0031 | 73 | SW3005 | 0.0066 | 23 | CSK2 | 0.0159 | 11 | SK3 | 0.0019 | 129 |
| SW1038 | 0.0044 | 42 | SW3006 | 0.0020 | 128 | CSK3 | 0.0100 | 18 | SK4 | 0.0030 | 76 |
| SW1046 | 0.0030 | 78 | SW3007 | 0.0081 | 21 | CSK4 | 0.0039 | 50 | SK5 | 0.0023 | 115 |
| SW1050 | 0.0035 | 60 | SW3010 | 0.0056 | 27 | CSK5 | 0.0112 | 15 | SK6 | 0.0027 | 92 |
| SW1051-1 | 0.0028 | 87 | SW3012 | 0.0107 | 17 | CSK6 | 0.0047 | 39 | SK7 | 0.0026 | 96 |
| SW1054 | 0.0025 | 104 | SW3014 | 0.0023 | 108 | CSK7 | 0.0033 | 66 | SK8 | 0.0011 | 141 |
| SW1056 | 0.0033 | 67 | SW3015 | 0.0061 | 24 | CSK8 | 0.0027 | 91 | SK9 | 0.0037 | 55 |
| SW1056-1 | 0.0021 | 122 | SW3017 | 0.0054 | 28 | CSK9 | 0.0200 | 10 | SK10 | 0.0044 | 45 |
| SW1064 | 0.0022 | 119 | SW3018 | 0.0022 | 116 | CSK10 | 0.0154 | 13 | SK11 | 0.0025 | 101 |
| SW1068 | 0.0045 | 41 | SW3018-1 | 0.0019 | 130 | CSK11 | 0.0036 | 56 | SK12 | 0.0020 | 126 |
| SW1069 | 0.0034 | 64 | SW3019 | 0.0020 | 125 | CSK12 | 0.0019 | 131 | SK13 | 0.0020 | 127 |
| SW1071 | 0.0027 | 93 | SW3020 | 0.0112 | 16 | CSK13 | 0.0023 | 114 | SK14 | 0.0049 | 36 |
| SW1074 | 0.0040 | 49 | SW3021 | 0.0023 | 109 | CSK14 | 0.0029 | 81 | SK15 | 0.0021 | 121 |
| SW1076 | 0.0024 | 107 | SW3026 | 0.0026 | 98 | CSK15 | 0.0035 | 58 | CGK14 | 0.0036 | 57 |
| SW1080 | 0.0033 | 65 | SW3030 | 0.0031 | 75 | SW2125 | 0.0029 | 82 | CGK15 | 0.0022 | 118 |
| SW1081-1 | 0.0030 | 79 | SW3031 | 0.0028 | 90 | SW2125-1 | 0.0033 | 68 | CGK17 | 0.0047 | 38 |
| SW1083 | 0.0026 | 95 | SW3035 | 0.0026 | 97 | SW2116 | 0.0051 | 33 | SW3015-1 | 0.0058 | 26 |
| SW1090 | 0.0027 | 94 | SW3034 | 0.0019 | 132 | SW2119-1 | 0.0298 | 8 | 1类 | 0.0577 | 3 |
| SW2055 | 0.0023 | 110 | SW7001 | 0.0043 | 46 | SW2114-1 | 0.0050 | 34 | 2类 | 0.0074 | 22 |
| SW2060 | 0.0042 | 47 | SW2109-1 | 0.0031 | 71 | SW2115 | 0.0021 | 123 | 3类 | 0.0030 | 77 |
| SW2060-1 | 0.0039 | 51 | SW2112 | 0.0028 | 89 | SW2087 | 0.0028 | 88 | 4类 | 0.0018 | 134 |
| SW2084 | 0.0028 | 83 | SW2098 | 0.0049 | 35 | SW2091-1 | 0.0025 | 99 | 5类 | 0.0018 | 134 |
| SW2104-1 | 0.0038 | 53 | | | | | | | | | |

根据表 3 综合排序结果,综合指数值越大,水质越好。根据《地下水质量标准》中 10 种评价因子的

界限值,由公式(6)得出其中 5 类水的综合指数值, I 类水界限指标排序为 3; II 类水界限指标排序为 22;

Ⅲ类水限指标排序为 77;Ⅳ类水限指标排序为 134;由于Ⅴ类水的界限指标为范围值,初始矩阵建立时,将其限值设为边界值,综合指数分值与Ⅳ类水一致,将<0.001 8 的综合指数值划分成Ⅴ类水,总体趋势是丘陵地区水质优于第四系覆盖区,内陆地区好于沿海地带,工业密集区上游好于下游地区,地下水质量评价分区见图 3。

(1)地下水质量优良(Ⅰ类水)区

仅分布在莱山区柞格庄-草埠附近,该区面积为 2.1 km²,综合指数值均>0.057 7,主要水化学类型为 Cl·HCO₃-Ca·Na,该区地下水中的各个评价指标均符合地下水水质Ⅰ类水标准,需重点保护。

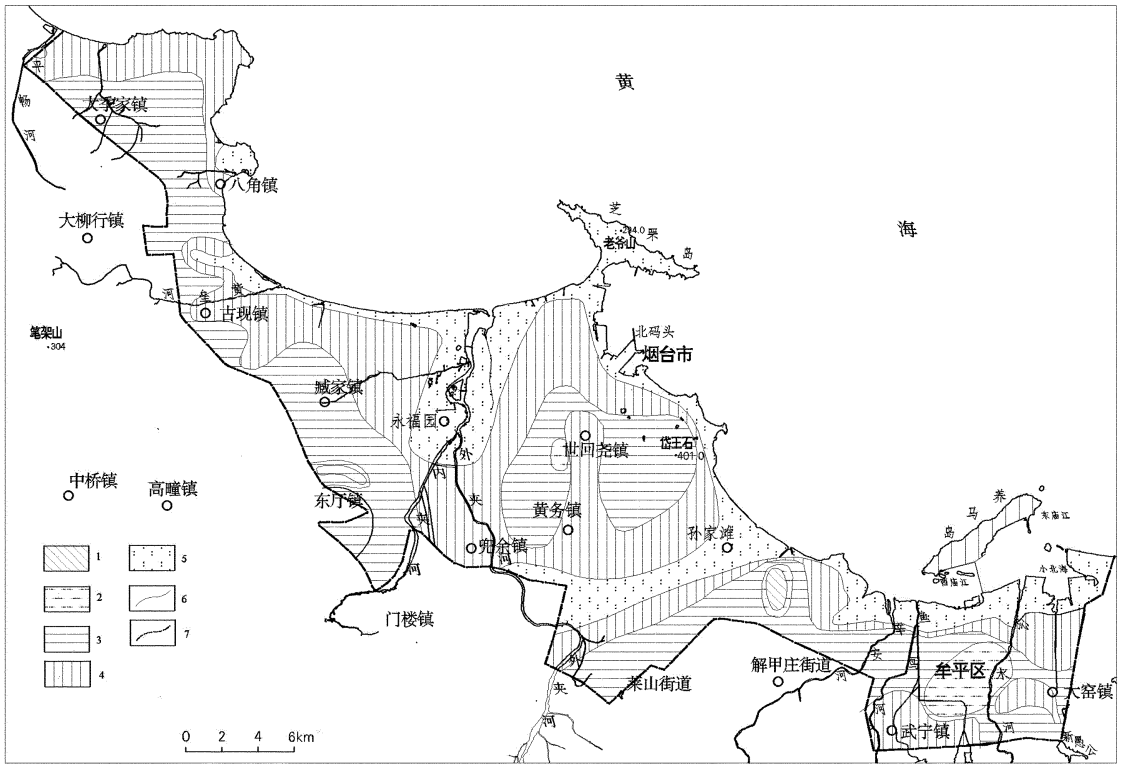
(2)地下水质量良好(Ⅱ类水)区

分布在优良区外围、牟平区、世回尧镇西南,该区面积为 17.4 km²,综合指数值在 0.007 4~0.057 7

之间,主要水化学类型为 Cl·HCO₃-Na·Ca, HCO₃-Ca·Na 等,为第四系孔隙水和基岩裂隙水,该区主要为居住密集区,工业厂房零星分布,水质良好,需加强保护。

(3)地下水质量较好(Ⅲ类水)区

主要分布在开发区大季家镇-古现镇-福山区臧家镇一带、芝罘区黄务-世回尧一带及牟平区大窑镇以西,该区面积 235.8 km²,综合指数值在 0.003 0~0.007 4 之间,主要水化学类型为 Cl·HCO₃-Ca·Na, HCO₃-Ca·Na。多为丘陵地区的基岩裂隙水和低洼地带的喷出岩、碎屑岩类裂隙水。该区地下水中的各个评价指标均符合Ⅲ类水指标,个别指标可达Ⅰ类水标准,该区人口密集,工业厂房较分散,需加强对本区地下水的保护。



1—地下水质量优良区;2—地下水质量良好区;3—地下水质量较好区;4—地下水质量差区;5—地下水质量极差区;6—分区界线,7—研究区界线

图 3 研究区地下水环境质量评价图

(4)地下水质量较差(Ⅳ类水)区

主要分布于开发区大季家镇-古现镇-福山区臧家镇-福山区兜余镇-莱山区孙家滩以北、八角镇-永福园以南,莱山街道-解甲庄街道以北,养马岛,牟平武宁镇,该区面积为 259.1 km²,综合指数值在

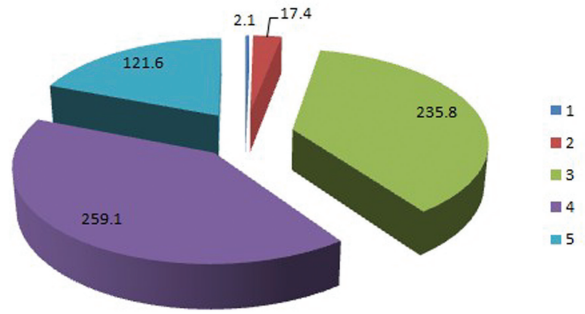
0.001 8~0.003 0 之间。该区人口密集,工业厂房较多,农田分布较广,主要为海(咸)水入侵区外围和受到工业废水、农业种植区、生活污水的点状污染地段,多为松散岩类孔隙水、碎屑岩类裂隙水,个别为沿海地带的碳酸岩类岩溶裂隙水,超标离子主要为

氨氮;硝酸盐;全硬度;铅;溶解性总固体; Cl^- ; NO_3^- 。其中 NH_4-N 最高可达 2.2 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 4.4 倍, NO_3-N 最高可达 99.35 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 4.97 倍, Cl^- 最高可达 570.4 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 2.28 倍, 全硬度最高可达 914.98 mg/L, 超出Ⅲ类标准 2.03 倍, 铅最高可达 0.1 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 20 倍, 溶解性总固体最高可达 2 082.66 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 2.08 倍。该区地下水水质较差, 需加强对地下水保护与修复。

(5) 地下水质量极差(V类水)区

分布于研究区河流下游及沿海一带, 该区面积 121.6 km², 综合指数值 < 0.001 8。主要水化学类型为 $\text{Cl} \cdot \text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Na}$, $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Na}$, $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$, $\text{Cl} - \text{Na}$ 等。矿化度一般大于 1 g/L, 个别可达 3.6 g/L。该区主要为八角镇-外夹河-芝罘岛-辛安河-沁水河一带的海(咸)水入侵区和工业废水、生活污水污染面积较大地段, 主要为松散岩类孔隙水, 生活污水、工业废水、农田污水、经过大气降水淋滤作用, 易进入地下水, 导致地下水污染严重, 超标离子主要为氨氮、 NO_3^- , Cl^- 、溶解性总固体、全硬度、镉、铅、挥发酚等, 其中 NH_4-N 最高可达 28 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 56 倍, NO_3-N 最高可达 129.8 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 6.49 倍, NO_2-N 最高可达 2.43 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 2.43 倍, Cl^- 最高可达 14 507.36 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 58 倍, 全硬度最高可达 4 682.21 mg/L, 超出Ⅲ类标准 10.4 倍, 镉最高可达 0.06 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 6 倍, 铅最高可达 0.95 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 190 倍, 挥发酚类最高可达 0.08 mg/L, 超出Ⅲ类标准值 4 倍。该区地下水水质极差, 需加强废水排放监督管理机制, 重点对该区地下水修复。

研究区地下水水质类型分布面积见图 4, 可见研究区内 I~Ⅲ类水占总面积的 40.1%, IV, V类水占总面积 59.9%, 总体水质一般, 分析原因主要有: ①城市建设、人口经济的迅速发展, 导致工业污水、生活污水排放量逐年增长; ②烟台地区盛产大樱桃、苹果、葡萄、蓝莓等, 近年来农民在追求经济作物产量、质量的过程中, 大量使用化肥、农药, 忽视了其产生的生态环境问题, 使水质变差; ③地下水开采无规范措施, 监管薄弱, 烟台属缺水地区, 枯水期大量开采地下水, 水位持续下降, 导致海水入侵面积逐年加大, 水质变差。



1—Ⅰ类水; 2—Ⅱ类水; 3—Ⅲ类水; 4—Ⅳ类水; 5—Ⅴ类水

图4 研究区地下水环境质量评价图

4 结论

(1) 根据烟台市地下水水质评价结果显示, 区内水质总体一般, 较差区域的超标因子主要有亚硝酸盐、硝酸盐、氯化物、溶解性总固体(TDS)、总硬度、氨氮、镉、铅、挥发酚等。

(2) 选用基于熵权的综合指数法进行评价, 结果表明, 该方法可靠、准确, 操作方便, 计算简单, 值得推广。

(3) 通过地下水水质评价结果, 制定一系列地下水污染防治措施, 避免地下水水质日益恶化。建议加强对工业污水、生活污水的监管排放, 对不达标的污水必须处理后排放。加强对农业种植区的管理, 提倡有机种植, 有序合理地使用农药、化肥。加强地下水资源的监控, 防治无序、过量开采。

参考文献:

- [1] 张生海. 烟台东部高新技术海洋经济新区地表土壤重金属污染评价[J]. 山东国土资源, 2017, 33(11): 48-54.
- [2] 衣伟虹, 王松涛, 吴振, 等. 威海市环翠区地下水环境质量评价[J]. 山东国土资源, 2015, 31(12): 43-45.
- [3] 薄克庭, 蔡有兄. 济南地区岩溶地下水污染程度评价[J]. 山东国土资源, 2016, 32(3): 53-56.
- [4] 付恩光, 吴光伟, 李同心. 模糊数学在海(咸)水入侵水质评价中的应用——以寿光地区为例[J]. 山东国土资源, 2017, 33(7): 66-70.
- [5] 李培月, 吴树宽. 基于模糊数学的内蒙古东胜煤田阿不亥普查区水质评价[J]. 水利科技与经济, 2009, 15(9): 789-791.
- [6] 李进, 陈宜滨, 师伟, 等. 模糊综合评价法在地下水水质评价中的应用[J]. 地下水, 2006, 28(2): 4-5.
- [7] 李录娟, 邹胜章. 综合指数法和模糊综合法在地下水水质评价中的对比——以遵义市为例[J]. 中国岩溶, 2014, 33(1): 22-30.
- [8] 李培月, 吴建华. 熵权集对分析法在地下水水质评价中的应用

- [J].宁夏工程技术,2010,9(1):64-67.
- [9] 刘慧,龚士良.集对分析在地下水环境质量评价中的应用[J].工程勘察,2000,5(3):16-18.
- [10] 刘石.地下水质量评价方法探讨[D].中国地质大学,2006:5-8.
- [11] 朱雷,江小林.灰色理论在水质评价中的应用[J].湖北预防医学杂志,2002,13(3):17-18.
- [12] 吴雅琴.水质灰色关联评价方法[J].甘肃环境研究与监测,1998,11(3):24-27.
- [13] 赵志坚.灰色聚类法在水环境质量评价中的应用[J].四川环境,1997,16(3):49-51.
- [14] 汪家权,刘万茹,钱家忠,等.基于单因子污染指数地下水灰色模型[J].合肥工业大学学报,2005,25(5):697-702.
- [15] 余立斌.基于熵权的综合指数法在地表水水质评价中的应用[J].环境研究与监测,2017,30(4):52-54.
- [16] 郭树宏,林志杰,洪小琴,等.基于熵权的综合指数法在海水水质评价中的应用[J].环境科学与管理,2009,34(12):165-167.
- [17] 李扬,窦炳臣,陈振,等.地下水水质评价与预测方法综述[J].山东国土资源,2015,31(8):33-36.
- [18] 张鉴,束龙仓,张琛.基于熵权的综合指数法在地下水水质评价中的应用[J].水电能源科学,2010,28(8):30-32.
- [19] GB/T14848-2017.地下水质量标准[S].
- [20] 陈仁杰,钱海雷.水质评价综合指数法的研究进展[J].环境与职业医学,2009,26(6):581-584.

Comprehensive Assessment of Groundwater Quality in Yantai City in Shandong Peninsula Blue Economic Zone

YU Linhong

(No.3 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Yantai 264000, China)

Abstract: In this paper, selecting geological surveying area in Yantai city in Shandong Peninsula Blue Economic Zone as the research area, which covers about 636km², 10 factors have been from 136 water quality monitoring results have been evaluated. Comprehensive index method is selected as the evaluation method, and the application of entropy weight in groundwater quality evaluation has been introduced in detail. The water quality in the study area can be divided into five areas, I ~ III type water account for a total area of 40.1%, while IV and V water account for a total area of 59.9%. The overall water quality is general. The main reasons are large amounts of industrial sewage and domestic sewage discharge, large amounts of chemical fertilizer and pesticide use, and large amounts of underground water extraction. The poor areas are mainly distributed in Dajijia town in the development zone, Guxian town, Sunjiatan in Fushan district, Douyuzhen town in Fushan district, north of Sunjiatan in Laoshan district, south of Bajiao town - Yongfuyuan, north of Laishan street - Jiejia Zhuang street, Yangmadao island, Wuning town in Muping city, and downstream of the river and coastal areas. Superscalar factors include nitrites, nitrates, chloride, total dissolved solids (TDS), total hardness, ammonia nitrogen, cadmium, lead, volatile phenol, etc. Through analysis and comparison, the evaluation result of entropy weight comprehensive index method is reliable and worth popularizing. It is showed that the calculation process of this method is simple and reasonable, and the result is objective, reliable and reasonable.

Key words: Entropy; comprehensive index method; water quality assessment; groundwater; Shandong Peninsula Blue Economic zone; Yantai city