

山东省地下卤水资源及开发利用现状分析

邹祖光, 张东生, 谭志容

(山东省鲁北地质工程勘察院, 山东德州 253015)

摘要: 山东省沿海岸带分布有丰富的地下卤水资源。近年来,各相关部门大力开发地下卤水资源,其勘察研究程度逐渐提高。但是各勘查工作主要集中在浅层地下卤水资源,且勘察区域零散,对全省地下卤水资源的整体研究程度还较低。本文在总结前人资料和经验的基础上,结合现场调查工作,首先对山东省矿区地质进行简述,然后根据卤水的埋藏深度,从浅、中、深分述整个山东省地下卤水资源的分布、空间分布规律、水化学特征和资源量,最后对区内浅层卤水的开发利用现状与存在的地质环境问题进行了说明。

关键词: 地下卤水;资源量;分布特征;开发利用

中图分类号: P641.8

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2008)03-0214-08

山东省沿海岸带分布有丰富的地下卤水资源。根据水质分类,水中矿化度高于 50 g/L 即为卤水。正常海水矿化度为 35 g/L,本区卤水的矿化度为海水的 2 ~ 6 倍。此外,地下卤水除含浓度较高的氯化钠外,还含有钾、溴、硼、镁、碘、锶、锂等元素。

近年来有关单位开展了对地下卤水的勘探和研究工作,积累了丰富的资料。韩有松^[1,2]对中国北方沿海第四纪地下卤水的物理化学性质、分布规律、矿床沉积特征、海岸地质环境和成因理论进行了详细研究。付美兰对莱州湾滨海平原地下卤水基本特征及综合开发利用进行了分析^[3]。孟广兰^[4,5]提出可以用卤水中 δD 值相对于海水 δD 值的变化趋势来判断卤水的成因。本文在总结前人资料和经验的基础上,结合现场调查工作,从浅、中、深分述整个山东省地下卤水资源的分布特征、卤水含水层特征、开发利用现状及存在的地质环境问题。

1 矿区地质

1.1 地层

山东省新生代^[6,7]地层非常发育,分布广泛,包括古近纪、新近纪和第四纪地层。深层地下卤水资源主要赋存在古近纪济阳群沉积岩地层中。

济阳群主要分布于华北平原区的淮北、东营、济阳、临清及德州、东明一带,自上而下划分为孔店

组、沙河街组、东营组。岩性为一套色调、成分都很复杂的碎屑岩系,含有丰富的石油和天然气,有时夹石膏、石盐、薄层煤、地下卤水及中性火山岩,地表未见出露。该群总厚 1 202 ~ 4 990 m。

1.2 构造

山东省深层地下卤水矿区在大地构造单元上属于华北板块(Ⅰ)的华北拗陷(Ⅱ)济阳拗陷区(Ⅲ)的沾化-车镇拗陷(潜)、东营拗陷(潜)、惠民拗陷(潜)和临清拗陷区(Ⅲ)的临清拗陷(潜)内,主要断裂有:齐河-广饶断裂和聊城-兰考断裂(图1)。

2 山东地下卤水资源矿体特征

以往勘查资料表明^[1,2],环渤海湾沿岸有一条巨大的地下卤水矿带,经调查了解山东省地下卤水资源主要分布在环渤海地区及胶州湾地区。根据其埋藏深度分为浅层卤水(埋深 < 100 m)、中深层卤水(埋深 100 ~ 400 m)和深层卤水(埋深 > 400 m)。

2.1 浅层地下卤水矿体

2.1.1 浅层地下卤水矿体分布

山东省浅层地下卤水主要赋存于渤海湾南岸沿岸的第四纪海积冲积和海积层中。通过古地理环境分析及以往勘查资料^[1,2]、地面电法勘探和水文地质调查等多种手段综合分析,确定工作区浅层地下卤水的空间分布特征^{①②}。

收稿日期: 2008-05-06

责任编辑: 林晓辉

基金项目: 山东省地下卤水资源调查评价(鲁地字[2007]29号文)

作者简介: 邹祖光(1961-),男,学士,高级工程师,主要从事水工环地质勘查工作。E-mail: zouzuguang@sina.com。

①山东地矿建设工程有限公司. 沾化县浅层地下水卤水地质调查评价报告. 2003.

②吴衍华, 王兰中, 高林, 等. 山东省潍坊市北部沿海矿区天然卤水矿详查报告. 山东省第四地质矿产勘察院. 2006.

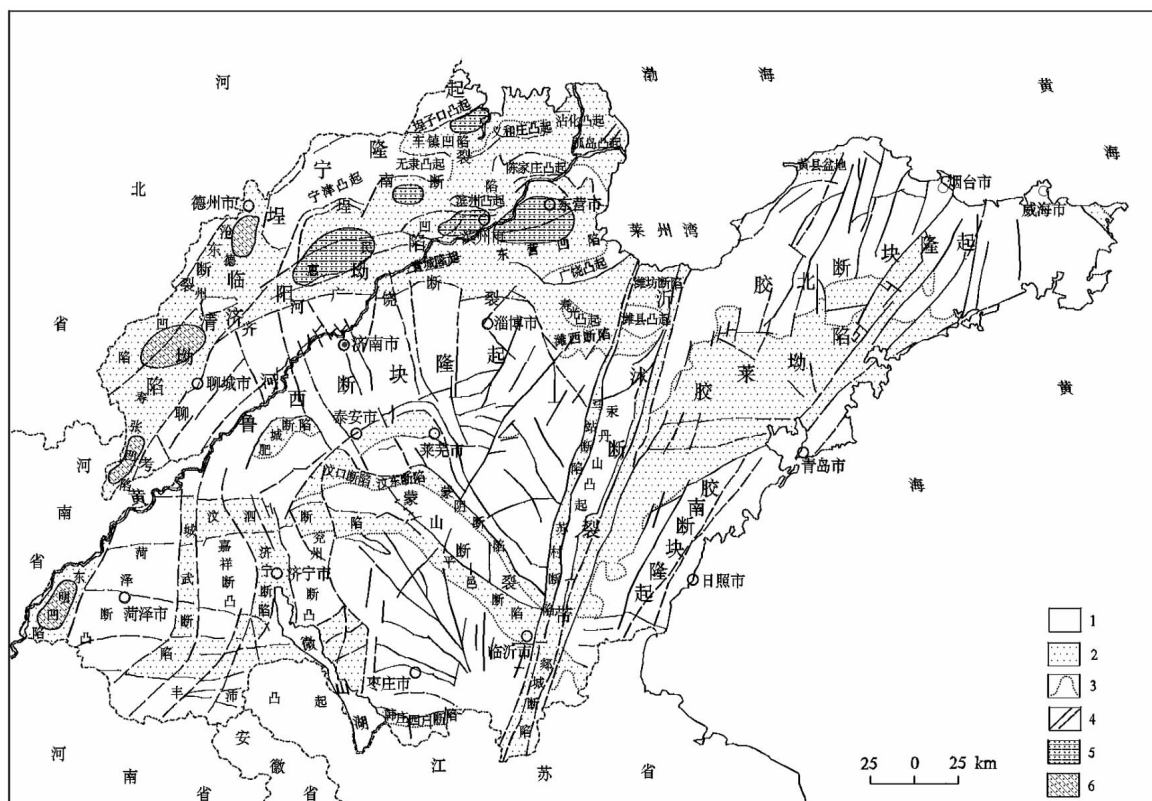


图1 区域地质构造图

Fig.1 Regional tectonic map

1.隆起区; 2. 拗陷区; 3.地层界线; 4. 实、推断断层; 5. 深层地下卤水分布区; 6. 深层地下卤水预测分布区

黄河三角洲北翼地区,浅层地下卤水矿体沿海岸呈条带状和块状分布,面积约 1 100 km²;在莱州湾沿岸地区,浅层地下卤水矿体沿海呈带状分布,面积约 2 100 km²(图 2);胶州湾地区地下卤水矿体分布受海岸地貌与第四纪沉积环境控制,在海湾的西岸与西北岸因海岸低地连续分布,形成一条小型环形地下卤水矿带,矿区面积约 100 km²。现胶州湾地区地下卤水盐区多被规划建设成为开发区,地下卤水资源未被开采。

2.1.2 浅层地下卤水矿体层位

下部含卤水地层形成于 8 ~ 10 万年前,底板埋深 35 ~ 55 m,局部深达 100 m。主要岩性为浅灰色、灰黄色粉砂、粘砂,向东变相为中粗砂,底部含砾石,含有贝壳螺类海相生物碎片。属微承压-承压含水层,含卤水层厚度 6 ~ 12 m。

中部含卤水地层形成于 2 ~ 4 万年前,底板埋深 15 ~ 32 m。主要岩性为灰黑色、灰色粉砂、粘砂、泥质粉砂等,到莱州盐田相变为中粗含砂含贝壳螺类海相生物碎片。属微承压-承压含水层,含卤水层厚度 1 ~ 16 m。

上部含卤水地层形成于 0.8 ~ 1 万年前,底板埋深 0 ~ 22 m。主要岩性为灰黑色、灰褐色粉砂、粘砂,含有大量浅海滨海相贝壳生物碎片。属潜水含卤层,含卤水层厚度 0 ~ 18 m。

在 3 个含卤水层之间都有隔水层,岩性为粘土、粉质粘土等。上部隔水层一般厚度 5 ~ 18 m,隔水性能较好,隔断上部潜水层卤水与中下层卤水的水力联系(图 3)。

2.1.3 空间分布规律

在区域水平方向上:各区卤水矿体浓度呈现中间高四周低的分布规律,同时从沿海向内陆有明显分带性,即近岸低浓度带、中间高浓度带和远岸低浓度带。地下卤水矿带之间的是浓度约 7 ~ 10° Be' 的中等浓度地下卤水矿带。

在区域垂直方向上,各区地下卤水浓度变化也有明显的分布特征。黄河三角洲两翼地区,浅层地下卤水垂向上矿体呈层状或透镜体状,浓度变化也具有明显的分带性。形成咸水-卤水双层结构或咸水-卤水-咸水三层结构。一般在高浓度区多双层结构,中等浓度和低浓度区一般多为三层结构。在

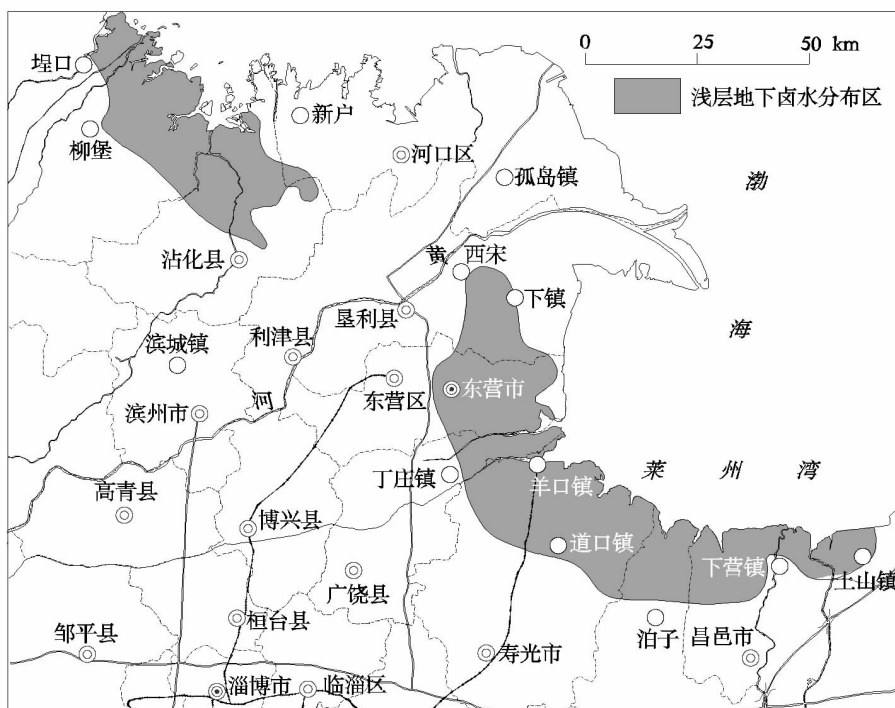


图2 山东省环渤海浅层地下卤水分布图

Fig. 2 Shallow ground brine distribution map in Shandong Province

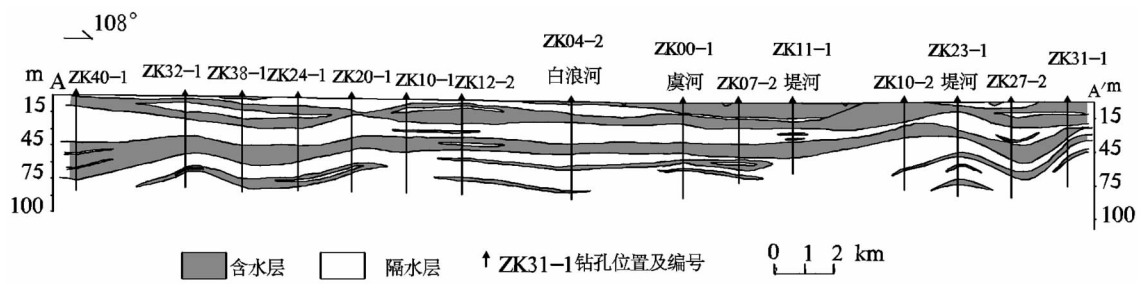


图3 莱州湾南岸地下卤水矿层剖面略图

Fig. 3 Cross-section map showing ground brine ore layer at south shore of Laizhou Bay

20 ~ 40 m 地下卤水浓度最高,向上向下均降低,并逐渐过渡为咸水;莱州湾南岸区,地下卤水带垂向上呈透镜体状,高浓度区一般埋藏在 28.0 ~ 55.0 m 的深度,浓度大约在 $10 \sim 16.5^\circ \text{Be}'$,其往上、往下浓度均降低。在胶州湾地区由于埋深浅,含水层厚度薄,地下卤水浓度低,所以地下卤水矿体浓度变化垂向分布不明显。

2.1.4 水化学特征

浅层地下卤水水化学类型为 Na-Cl 型,化学元素组成与海水基本相同。阳离子主要有 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ;微量元素有 Sr^{2+} 、Li、B、Mn 等。阴离子主要有 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等;微量元素有 I^- 、 Br^- 、 F^- 等。其中 Cl^- 、 Na^+ 分别在阴阳离子中占绝对优势, Cl^- 占阴

离子含量的 90% 左右,含量在 $70 \sim 120 \text{ g/L}$; Na^+ 占阳离子的 83% 左右,含量在 $35 \sim 65 \text{ g/L}$ 。地下卤水浓度一般为 $5 \sim 20^\circ \text{Be}'$,矿化度 $50 \sim 217 \text{ g/L}$,总硬度 $1215 \sim 1766$ 德国度,PH 值为 $6.5 \sim 7.6$,为中偏弱酸性水(表 1)。

浅层地下卤水中的主要微量元素平均含量为: Br 为 350 mg/L (达到单独开采工业品位要求),I 为 0.42 mg/L ,Li 为 0.20 mg/L ,Sr 为 11.77 mg/L ,B 为 5.34 mg/L 。

2.1.5 浅层地下卤水动态

浅层地下卤水的动态变化受水文、气象、地形和人工开采等条件的控制^①。

温度变化: 浅层地下卤水的温度一般在 15°C

^①吴衍华,王兰中,高林,等. 山东省潍坊市北部海矿区天然卤水矿详查报告. 山东省第四地质矿产勘查院. 2006.

表 1 环渤海地区浅层地下卤水主要组分含量统计表(单位 g/L)

Table 1 Concentration of the main chemical constituents in the shallow ground brines

井号	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PH	矿化度
无棣马山子海洋化工	21.20	0.75	2.98	38.94	53.00	0.40	7.10	70.32
沾化滨海永太化工	24.50	0.74	3.56	45.76	5.58	0.63	7.00	81.25
东营王岗盐场	26.50	0.81	4.48	51.11	7.43	0.71	6.90	91.61
海化集团二分场	52.13	1.20	7.93	98.33	11.47	0.47	6.70	172.74
寒亭央子东盐场	49.50	1.12	6.99	88.59	10.98	0.41	6.90	158.77
昌邑蒲东盐场	53.00	1.02	6.63	94.43	10.64	0.45	6.80	167.77
莱州市土山诚源盐化	46.00	0.89	6.33	89.57	8.01	0.30	6.60	152.75

分析单位：山东省地质环境监测总站实验室

左右。通常情况下,卤水的温度比较稳定,年变化幅度在 1℃以内。

水位变化:影响浅层地下卤水水位动态的主要因素是大气降水和人工开采。在黄河三角洲北翼地区,浅层地下卤水水位埋深靠近海岸地带一般为 0.9 ~ 3 m,向陆地逐渐加深至 3 ~ 5 m。年内浅层地下卤水的最高水位出现在 7 ~ 9 月份,与集中降水时间基本一致,局部地段滞后 1 ~ 2 月。在莱州湾沿岸地区,由于近几年溴素厂不断增多,地下卤水资源严重超采,卤水水位逐年下降。据调查,在寿光北部海化地区,卤水静水位每年下降约 1 m。

涌水量变化:浅层地下卤水的单井涌水量主要受含水层岩性、厚度、开发利用及补给条件的制约。经长期观测,浅层地下卤水涌水量随季节变化不明显。经调查了解在卤水开采区,随着开采强度的不断加大,浅层地下卤水单井涌水量逐渐减小。在莱州湾南岸地区,井深 75 m,近 3 年内单井涌水量由原来的 12 ~ 15 m³/h,下降到现在 5 ~ 11 m³/h,超采地区甚至出现单井报废现象。

浓度变化:浅层地下卤水的浓度年内变化不明显,变化幅度一般小于 1° Be'。但是部分地段因长期不合理开采,卤水浓度多年呈下降趋势。如广饶盐场,1959 年建场时卤水浓度一般为 10 ~ 13° Be',2007 年降为 4 ~ 7° Be';山东海化地区卤水浓度多年平均下降速度 0.5° Be' / a。这说明大部分盐场卤水资源有限,缺乏补给,长期开采必将造成卤水浓度降低。

2.1.6 浅层地下卤水资源量

根据历年各区段的勘查评价资料,估算浅层地下卤水静储量可达约 82 × 10⁸ m³,可见山东省地下卤水资源量是非常丰富的。另外潮间带卤水补给资源量也不容忽视,以每年每平方千米生成 16 × 10⁴

m³ 的 10° Be' 卤水量计算,仅莱州湾南岸潮滩每年生成 10° Be' 地下卤水约 0.80 亿 m³,说明潮滩地带浅层卤水补给来源是充分的。

2.2 中层地下卤水矿体

2.2.1 中层地下卤水矿体分布

根据已有资料,山东省中层地下卤水矿分布于东营城区和河口区五号桩一带,由于勘查程度较低,区内中层地下卤水资源分布面积大约为 400 km²。

2.2.2 中层地下卤水矿体层位

山东省中层地下卤水矿主要赋存于黄河三角洲东部地区,第四纪晚更新世以前海积冲积和海相层中,为承压卤水层。中层地下卤水含水层岩性主要为粉砂、粉细砂、细砂,及粘质砂土,由上到下分为三个卤水含水层组:

第一层组,埋深在 102.0 ~ 301.8 m 左右,厚度 10 ~ 28 m,岩性为粉细砂、细砂、粉砂,含有海相贝壳碎片。

第二层组,埋深在 154.0 ~ 332.1 m 左右,厚度 5 ~ 15 m,岩性为粉细砂、细砂及粘质砂土。

第三层组,埋深在 170.0 ~ 365.6 m 左右,厚度 10 ~ 28 m,岩性为粉砂、粉细砂、细砂,含有贝壳碎片。

在 3 个含卤水层之间都有隔水层,岩性为粘土、粉质粘土等。上部隔水层一般厚度 5 ~ 18 m,隔水性能较好,隔断上部潜水层卤水与中下层卤水水力联系(图 4)。

2.2.3 中层地下卤水矿体含水层特征

根据钻孔资料及抽水试验得知,中层地下卤水水位埋深 1.0 ~ 37.0 m,当水位降深在 12 m 左右时,单井涌水量为 10.62 ~ 15.73 m³/h,渗透系数一般在 0.525 ~ 1.359 m/d 之间。地下卤水温度约 14.5 ~ 18℃。

2.2.4 中层地下卤水矿体水化学特征

中层地下卤水水化学类型为 Cl·SO₄-Na·Mg 和

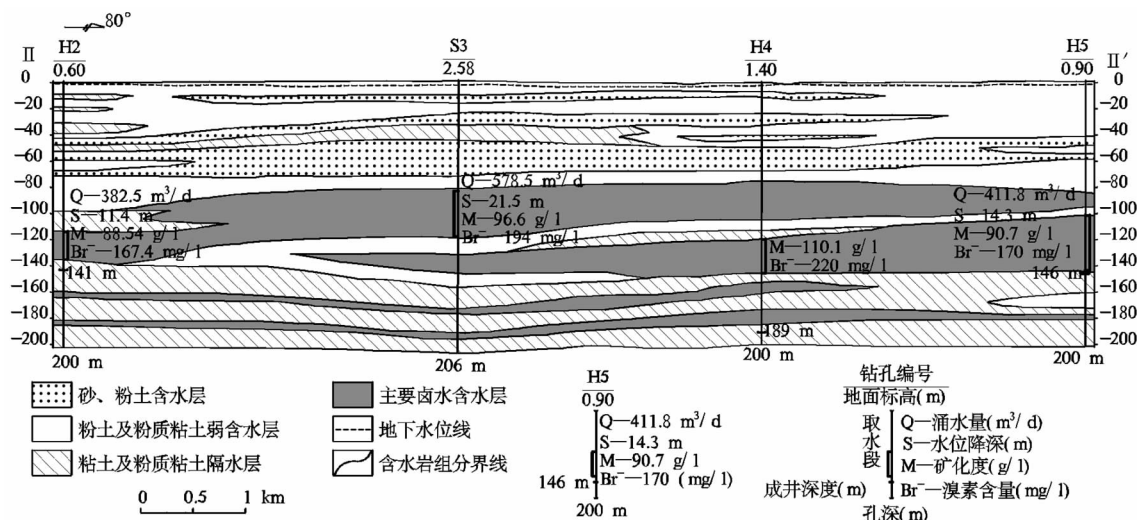


图4 五号桩地区中层卤水勘察水文地质剖面图

Fig.4 Hydro-geologic cross-section at Wuhaozhuang area

Cl—Na·Mg 型水；卤水化学成分中氯离子在阴离子成分中占绝对优势，含量为 37 488.38 ~ 63 987.25 mg/L，卤水中还含有 Br、Sr 等微量元素，在五号桩地区 Br⁻ 含量为 167.24 ~ 219.4 mg/L。地下卤水矿化度 50 ~ 110.15 g/L，总硬度 1 296 ~ 23 174.78 德国度，PH 值为 6.91 ~ 7.8，为中偏弱碱性水（表 2）。

2.2.5 中层地下卤水矿资源量

根据各有关部门的勘察研究资料，估算中层地下卤水静储量可达约 15 亿 m³，可见山东省中层地下卤水资源具有一定的开采潜力。

2.3 深层地下卤水矿体

2.3.1 深层地下卤水资源分布

据目前资料显示，山东省深层地下卤水矿体主要赋存在东营凹陷、惠民凹陷、阳信凹陷及车镇凹陷内古近纪济阳群沙河街组四段中。东营凹陷深层地下卤水矿床位于东营市和垦利县境内，东起东营市广利镇，西到垦利县郝家镇，北起垦利县胜坨镇，南到东营区六户镇，区域上呈椭圆形分布，面积约 1 200 km²；惠民凹陷区内深层地下卤水矿床主要分布在临邑县西部—商河县东部地区，面积约 600 km²；阳信凹陷区内深层地下卤水矿床主要分布在阳信南部—惠民县北部之间，面积约 120 km²；车镇凹陷区内深层地下卤水矿床主要分布在东风港周围，面积约 170 km²。

2.3.2 东营凹陷区深层卤水岩组埋藏条件及特征

深层卤水资源与盐岩矿为同一矿床，发育在盐矿上部及四周。卤水层主要分布在新生界沙河街组的沙三、沙四段及沙二段，埋深 2 400 ~ 3 000 m，矿化度最高达 353 g/L。自上而下可分为三个含水岩

组，即沙河街二段含水岩组、沙河街三段含水岩组、沙河街四段含水岩组。

沙河街二段含水岩组，分布于西城一带，面积 30.4 km²。受构造控制，与沙河街三段含水岩组有水力联系。卤水层埋藏于沙河街一段碳酸盐岩之下，埋藏深度 2 400 ~ 2 500 m，岩性主要为灰色沙岩、含砾砂岩，累计厚度 20 ~ 40 m，为孔隙、裂隙型储集层，孔隙度 24%。本组卤水层单井出水量 50 ~ 70 m³/d。卤水化学类型主要为 Cl—Na 型水，矿化度 180 g/L 左右。

沙河街三段含水岩组，平面分布较广，面积 369.6 km²。卤水层埋藏深度 2 600 ~ 2 900 m，岩性为砂岩、粉砂岩、含砾砂岩等，呈多层分布，单层厚度一般在 8 ~ 20 m，最厚单层 30 m 以上，平均卤水层厚约 40 m，为孔隙、裂隙型储集层，孔隙度一般在 15% ~ 25% 之间。卤水层单井出水量 100 ~ 110 m³/d。矿化度一般在 150 ~ 300 g/L。

沙河街四段含水岩组，平面分布较广，面积 464 km²。卤水层埋藏深度 2 700 ~ 3 000 m，位于沙四段（中）上部，岩性为砂岩、碳酸盐岩等，呈多层分布，单层厚度一般在 2 ~ 20 m，总厚度约 20 ~ 40 m，为孔隙、裂隙型储集层，孔隙度一般在 15% ~ 25% 之间。卤水层单井出水量 70 ~ 240 m³/d。矿化度一般在 110 ~ 350 g/L。东营凹陷的现河、胜华一带盐层埋藏较浅，一般在 2 990 m 就发现盐岩层，这两地区的卤水矿化度高。沙三段的卤水矿化度大都在 200 g/l 以上，大部分是独立的卤水层，是将来开采的主要层位。沙四段卤水矿化度在 300 g/L 左右。

2.3.3 深层卤水物理化学特征

(1) 卤水物理特征

深层卤水为氯化物型原生卤水，无色透明、味极咸。矿化度 150 ~ 250 g/L，井口水温 42 ~ 70 ℃，密度 1.1 ~ 1.2，PH 值 5.5 ~ 6.5，呈弱酸性。

深层卤水的主要离子含量顺序依次为 Cl⁻-Na⁺-Ca²⁺。大量元素属海性元素，卤水矿化度大于 200 g/L。说明卤水和古海水有关，并经历过高度浓缩。

盐岩矿区卤水矿化度高。从凹陷边缘至中心，卤水矿化度逐渐增大。自沙二段开始卤水浓度随深度增加而增大，直至盐岩层饱和为止，出现明显矿化度垂直分带现象。

卤水主要离子为 Na、Cl 含量最高，前者为 45 ~ 70 g/L，后者为 90 ~ 143 g/L，其次是 Ca 的含量在 8 ~ 20 g/L，Sr 的含量 1.5 ~ 3.5 g/L。主要化学成分有：Na、Cl、Ca、Sr、Mg、K。微量元素成分有：I、Br、Li、Fe、Ba、F 等。其中 I、Br、Li 较丰富。

(2) 卤水化学类型及其特征

根据提卤试验井和多口油田生产井卤水化验资料，东营深层卤水为氯化物型原生卤水。水化学类型为氯化钠型。不同层位卤水，其化学组成及特征有所差异。

沙河街二段含水岩组，高矿化度卤水集中分布

于西城一带，其化学组成受沙三段卤水影响，主要离子中 Cl、Na 含量最高，Ca 次之(表 3)。

沙河街三段含水岩组，水化学类型为 Na - Cl 型，Cl 离子含量 90 ~ 130 g/L，Na 离子含量 45 ~ 65 g/L，Ca 离子含量也较高，达到了 8 ~ 12 g/L。卤水矿化度较稳定，在 150 ~ 210 g/L 之间，PH 值 5.5 ~ 6.5 之间，呈弱酸性(表 4)。

沙河街四段含水岩组，受其成因和埋藏条件影响，不同区域化学组成变化较大，Cl 离子含量 60 ~ 150 g/L，Na 离子含量 35 ~ 70 g/L，Ca 离子含量达到了 3 ~ 20 g/L。卤水矿化度 100 ~ 250 g/L 之间，PH 值 5.9 ~ 6.6 之间，呈弱酸性(表 5)。

本区卤水优于四川、湖北等地的硫酸盐类型(黑卤)和碳酸盐类型卤水。卤水中影响盐质的镁离子、硫酸根极少，不存在低温(0 ℃以下)硫酸钠结垢和高温(35 ℃以上)硫酸钙结垢，对卤水提取设备、输卤设备无结垢影响。深层卤水与海水、浅层卤水也有很大差别。

2.3.4 深层地下卤水资源量

根据我院利用油田报废井提卤试验勘查研究资料，仅东营凹陷深层地下卤水静储量可达约 50 亿 m³，预测山东省深层地下卤水资源量大于 200 亿 m³。

表 2 黄河三角洲地区中层地下卤水主要组分含量统计表(单位 g/L)

Table 2 Concentration of the main chemical constituents in the middle buried ground brine

井号	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PH	矿化度
五号桩H2孔	24. 50	1. 25	4. 55	50. 12	7. 21	0. 36	6. 91	88. 54
五号桩H4孔	33. 50	1. 68	4. 609	63. 99	5. 97	0. 28	7. 04	110. 15
胜电1#	18. 80	1. 64	3. 11	37. 49	4. 57	0. 2	7. 8	65. 76

分析单位：山东省第二水文队中心实验室

表 3 沙河街二段卤水主要组分含量统计表(单位：g/L)

Table 3 Chemical components of the brine buried in Shahejie No. 2 section

井号	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PH	矿化度
营65井	49. 6	8. 76	1. 10	97. 10	0. 002		6. 14	180

分析单位：山东省第二水文队中心实验室

表 4 沙河街三段卤水主要组分含量统计表(单位：g/L)

Table 4 Chemical components of the brine buried in Shahejie No. 3 section

井号	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PH	矿化度
东风10井	45. 00	8. 66	1. 23	90. 80	0. 003		6. 40	157
河82-2井	62. 20	11. 15	1. 01	122. 90	0. 004	0. 1	5. 66	213
河127井	63. 90	11. 40	1. 09	129. 40	1. 560		5. 80	210

分析单位：山东省第二水文队中心实验室

表 5 沙河街四段卤水主要组分含量统计表(单位:g/L)

Table 5 Chemical components of the brine buried in shahejie No. 4 section

井号	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	PH	矿化度
莱59井	70.30	20.04	1.75	143.30	0.07	0.13	6.30	251
莱54井	35.00	4.01	0.47	65.50	0.16		6.24	107
莱52井	35.00	4.50	0.59	67.20	0.16		6.62	110
莱18井	44.50	4.40	3.35	90.50	0.07		5.90	150
莱15-1井	36.84	3.37	0.59	67.40	0.48		5.96	113

分析单位:山东省第二水文队中心实验室

3 地下卤水资源开发现状及问题

山东省开发利用地下卤水资源已有悠久的历史,但是由于技术条件和经济因素限制,地下卤水资源的开发还仅限于浅层地下卤水,中深层地下卤水资源利用还处于研究阶段,所以本文地下卤水资源开发利用现状主要针对于浅层地下卤水资源而言。

3.1 浅层地下卤水资源开采现状

莱州湾沿岸提取卤水晒盐最早,寿光岔河盐场已有 300 余年,莱州盐场建于 200 年前,其他盐场多兴建于 1958 年前后。目前全省开采地下卤水资源晒盐的盐场有一百多个,各盐场的生产规模差别比较大,因此开采井数及开采量也有较大差别。经过本次调查,全省现有提取地下卤水资源晒盐的盐田面积约 400 km²,在用卤水井数约 5 600 眼,年产原盐约 653 万吨。现有卤水井由于所处位置不同,深度也不同。在黄河三角洲北翼沾化地区井深约 45m,在东营地区约 70 m,在莱州湾南岸地区约 75 ~ 85 m,最深达 94 m。单井出水量平均 7 ~ 9 m³/h,最大 25 m³/h。目前全省年生产原盐约 653 万吨,估计提取地下卤水 2.87 亿 m³/a,平均每产 1 万吨原盐需要开采地下卤水 44 万 m³。

3.2 浅层地下卤水资源利用现状

地下卤水矿藏开发,不仅为盐业生产提取丰富的 NaCl,而且卤水中还含有多种有益化学成分,如钾、镁盐及溴、碘、硼、锶、锂等稀散元素。目前的研究结果表明,卤水中的这些有益组分虽然多数达不到工业品位,但在制盐过程中产生的苦卤使它们得到富集,成为盐化工工业综合利用的资源。区内地下卤水资源的综合利用,正在由的简单流程,向新的、优化模式发展。目前区内地下卤水资源主要开发方式是:抽取卤水先提取溴素,再到盐场晒盐,最后进行精加工综合利用(图 5)。

3.3 主要环境地质问题

3.3.1 由于长期不合理开采地下卤水而引起地下卤水降落漏斗、卤水浓度下降和地裂缝等问题

在长期不合理开采过程中,区内地下卤水水位不断下降,出现了大小不等的地下卤水降落漏斗,引起了卤水界面的变化和移动,造成地下卤水浓度多年来呈下降趋势。据调查,莱州湾南岸地区,静水位平均每年下降 1 m,卤水浓度每年下降 0.5 Be',单井出水量也逐年减少。个别地区由于溴素厂分布集中,用水量大,短时间采空区内地下卤水,造成小区域内地面出现裂缝,另外,由于拉沙造成井口坍塌,使得抽水井报废(图 6)。

3.3.2 地下卤水开采引发的浪费和污染问题

近几年潍坊北部兴建多家溴素厂,由于溴素厂用水量较大且集中,促使其周围地下卤水大量开采,致使大量卤水井由于浓度低或出水量太小而报废,造成局部浅层地下卤水矿资源枯竭;原来设计的溴素厂尾水晒盐的综合利用方式,也因为盐场用水量小和冬季晒盐少等原因,使得大量尾水未利用就直接排入大海,造成了资源浪费;另外个体小盐场过多,技术普遍落后,统一管理难,晒盐后的苦卤无法集中,厂区污水随意排放,严重污染了盐区地质环境。

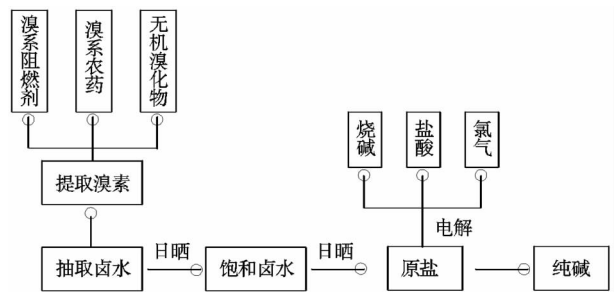


图 5 地下卤水综合开发简要流程图

Fig.5 Flow chart of comprehensive exploitation of the ground brine



图6 某盐田内的地裂缝等问题

Fig. 6 Photo showing the ground crack at the brine mining field

4 结论

山东省地下卤水资源主要分布在鲁北平原、莱州湾沿岸及胶州湾地区,总面积约 5 800 km²,总静储量约 305 亿 m³。在现有经济技术条件下,浅层地下卤水资源被作为主要开采层,深层卤水资源尚未开发利用,其开发潜力巨大。浅层地下卤水资源主要开发利用方式为先提溴素再晒原盐,最后进行深加工。目前全省每年采地下卤水约 2.87 亿 m³,生产原盐约 653 万吨。同时,由于部分地区对浅层地下卤水资源的不合理开采,造成地下卤水资源枯竭、资源浪费等环境地质问题的出现,应该引起有关部门的重视。

参考文献:

- [1] 韩有松,吴洪发.莱州湾滨海平原地下卤水成因初探[J].地质评论,1982,28(2):126-131.
- [2] 韩有松,孟广兰,王少青,等.中国北方沿海第四纪地下卤水[M].北京:科学出版社,1996, 1-193.
- [3] 付美兰.莱州湾滨海平原地下卤水基本特征及开发综合利用[A].山东地质学会论文摘要汇编[C]. 1982: 287-289.
- [4] 孟广兰,王珍岩,王少青,等.冰冻成因卤水的水化学标志 I. 卤水的 δD 值[J].海洋与湖沼,1999,30(4):416-420.
- [5] Wang Y Q, Chen X B, Meng G L, et al. On changing trends of δD during seawater freezing and evaporation [J]. Cold Regions Science and Technology, 2000, (31): 27-31.
- [6] 毛家衢.山东第四系[J].山东地质,1987,3(2):1-153.
- [7] 赵叔松.中国东部第四纪海进、海退研究中存在的几个问题[J].海洋地质与第四纪地质,1986,6(3):135-139.

Ground Brine Resource and Its Exploitation in Shandong Province

ZOU Zu-guang, ZHANG Dong-sheng, TAN Zhi-rong

(Lubei Geo-engineering Surveying Institute of Shandong Province, Dezhou 253015, China)

Abstract: There is plenty of ground brine along the coastal line in Shandong Province. But previous studies mainly focused on the shallow ground brines in scattered places, and they are lack a systematic research about the ground brine in the province. Based on the previous achievements, the paper summarized the characteristics of the shallow, middle and deep buried ground brines, expounded the brine aquifer's property, genesis of brines and brine exploitation status quo. Investigated the environmental problems caused by brine exploitation.

Key words: ground brine; resource; distribution characteristic; exploitation