

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2019.02.022

河北省武强县西部卤水矿预查成果 及勘查前景分析

张朝辉,赵素杰,邢晓晨,刘晓平

(河北省地矿局第三水文工程地质大队,河北 衡水 053000)

摘要: 对武强县西部古近系沙河街组二段、三段砂岩施工1眼卤水矿验证孔,其水质矿化度为91.1 g/L,成功验证了卤水矿的存在;利用分层止水技术,进行了5组分层抽水,初步了解了卤水含水层富水性特征及卤水化学成分、矿化度、密度、酸碱度与水化学类型;对沙河街二段及三段的各卤水层段的卤水特征进行了分析,结合离子配合顺序,对卤水中有用化合物的含量进行了换算,评价了卤水品位,以及对卤水中矿化度、氯化钠、氯化钾、碘离子、锂离子的含量随采样深度的变化趋势进行了研究。本文可为区内进一步开展深藏卤水矿勘查、开发提供参考。

关键词: 卤水矿;储存特征;勘查前景;武强县西部;河北省

中图分类号: P619.211 **文献标识码:** A

0 引言

卤水即盐矿化度达50 g/L以上的水,其可以是盐湖卤水、地下卤水等;卤水不仅可以制造食盐,而且可以提取钾、镁、锂、铷、铯、碘、溴、硼和铀等有用元素。沉积岩在海水(或盐湖水)中沉积时封存于砂粒之间的古海水(古盐湖水),或在沉积岩形成后进入孔隙、裂隙中的古海水(古盐湖水),即地下卤水;这种原生的古海水(古盐湖水)经过浓缩、变质作用,可形成矿化度(>250 g/L,高矿化度;250~150 g/L,中矿化度;150~60 g/L,低矿化度)^[1]较高的地下卤水矿床。

2013年,河北省地矿局第三水文工程地质大队在开展武强县地热资源调查评价工作中收集了大量石油钻孔资料,发现武强县西部许多石油钻孔如强12、强47、强38、强52、强10、强11在古近系沙河街组二段下部、沙河街组三段多层砂岩中赋存矿化度

>50 g/L的卤水^[2-3],并且该区除在沙河街组三段上部少量泥岩中有油存在外,区内的沙河街组为贫油区,利于进行卤水资源勘查。据此,河北省地矿局第三水文工程地质大队于2016年初向河北省国土资源厅提交了《河北省武强县西部卤水矿预查设计》,并以冀国土资勘字[2016]041号立项开展武强县西部卤水矿预查工作,以期为河北平原区开展深藏卤水矿勘查与研究奠定基础。

1 地质背景

(1)自然地理状况

武强县位于河北省衡水市东北部,南与武邑县交界,西与深州市接壤,西北与饶阳县毗邻,东和东北部与沧州市相连,全县总面积445 km²。预查区位于武强县城西侧的周家窝镇—北代乡一带,面积约为64.28 km²(图1)。

本区属大陆性半干旱季风气候,多年平均气温

收稿日期: 2018-12-21; 改回日期: 2019-01-25; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 冀国土资勘项目“河北省武强县西部卤水矿预查”(编号:冀国土资勘字[2016]041)资助。

作者简介: 张朝辉(1974—),男,高级工程师,主要从事矿产地质、地热地质、水文地质及技术管理工作。E-mail:848545874@qq.com

通信作者: 邢晓晨(1988—),男,工程师,主要从事矿产地质、地热地质、环境地质研究工作。通信地址:河北省衡水市桃城区红旗大街808号地质大厦,河北省地矿局第三水文工程地质大队;邮政编码:053000;E-mail:352331748@qq.com

13℃。其地貌属滏阳河冲积区,地势平坦、开阔,以倾角 0.17/1 000(°)—0.25/1 000(°)微倾向东南,地貌类型单一,地面标高 15.0 m±。

(2)地质概述

武强县地区地处中朝准地台(I级),华北断拗(Ⅱ级),冀中台陷(Ⅲ级),饶阳断凹(Ⅳ级)东北部。饶阳断凹处于冀中台陷(Ⅲ^{1/2})的东南部,面积约 7 000 km²,是冀中台陷中面积最大的一个Ⅳ级构造单元,走向为 NNE 向,其南以无极—衡水隐伏大断裂为界,东以沧西断裂为界。研究区内自始新世以来持续凹陷并接受沉积,新生界厚度较大,沉积厚度达 4 200~6 000 m;新生界由新至老依次为第四系,新近系明化镇组、馆陶组,古近系东营组、沙河街组及孔店组;其下伏基岩中上元古界长城系、蓟县系^[4]。区内断裂构造比较复杂,多为 NE、NNE 向断裂,个别为近 EW 向断裂。区内石油钻孔试水资料显示沙河街组含有卤水。

2 卤水矿潜力区圈定

通过对武强县西部地区三维地震与沙河街组二段、沙河街组三段底界埋深特征分析,结果表明:在周家窝—北代乡一带,古近系沙河街二、三段呈现为一个南北长东西窄的似菱形凹陷区,砂岩较发育;



图 1 武强县西部卤水矿预查区位置

Fig. 1 Map showing location of the general prospecting area of brine in the west Wuqiangxian county

1. 地级市;2. 县市;3. 乡镇;4. 地区界线;5. 省界;6. 高速公路;
7. 主要公路;8. 预查区范围;9. 卤水矿预查孔及编号

凹陷的周边多以断层为界,形成一个较完整独立的构造单元;凹陷西侧边缘和东侧边缘发育有断裂构造,多为 NE、NNE 向断裂^[3],是卤水矿体的主要控矿断裂^[5-7]。本次预查工作中,在兼顾沙河街二、三段发育最佳部位施工了卤水矿验证孔 1 眼(WQ-LS1),以验证卤水矿的存在及储存特征。

凹陷区内石油钻孔和卤水验证孔分层试水资料证实沙河街二段下部(2 600 m 以深)、三段赋存卤水,且为贫油区。以沙河街组二段底界构造特征圈定卤水矿化潜力区范围,面积为 47.43 km²(图 2);以沙河街组三段底界构造特征圈定卤水矿化潜力区范围,面积为 43.26 km²(图 3)。将沙河街组二段、沙河街组三段圈定卤水矿化潜力区范围进行重叠,以重叠后沙河街组二段—沙河街组三段卤水赋存面积的最外边缘确定为沙河街组二段—沙河街组三段卤水矿化潜力区范围,面积为 69.19 km²(图 4);卤水矿潜力区沙河街二段底界埋深 2 600 m—3 300 m,沙河街三段底界埋深 3 600 m—4 300 m。

3 卤水储存特征

卤水矿验证孔(WQ-LS1)成井深度 3 505 m,

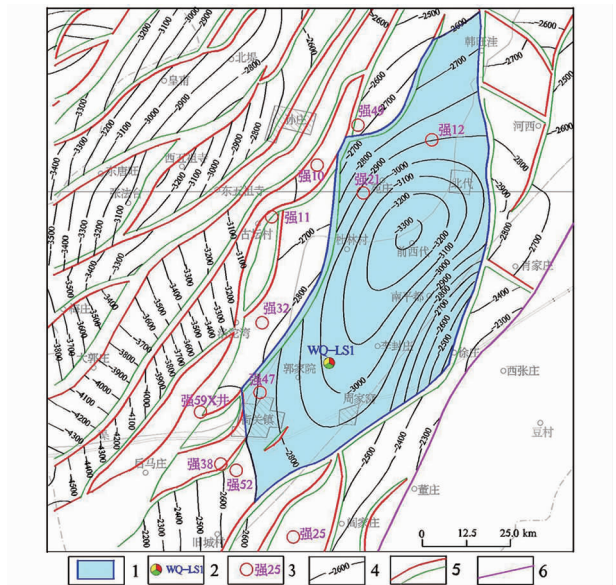


图 2 沙河街组二段卤水矿化潜力区范围

Fig. 2 Extent of potential brine distribution areas in Member 2 of Shahejie Formation

1. 沙河街组二段卤水矿化潜力较大区范围;2. 卤水验证孔及编号;
3. 石油钻孔及编号;4. 沙河街组二段底界埋深等值线(m);
5. 断层;6. 三维地震边界

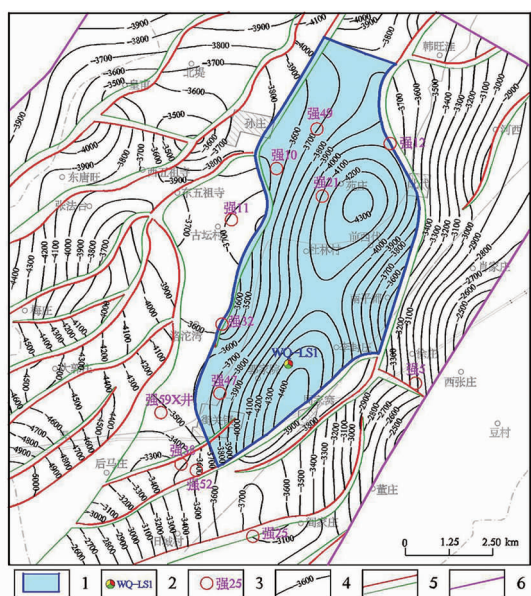


图3 沙河街组三段卤水矿化潜力区范围

Fig. 3 Extent of potential brine distribution areas in Member 3 of Shahejie Formation

1. 沙河街组三段卤水矿化潜力较大区范围;
2. 卤水验证孔及编号;
3. 石油钻井及编号;
4. 沙河街组三段底界埋深等值线(m);
5. 断层;
6. 三维地震边界

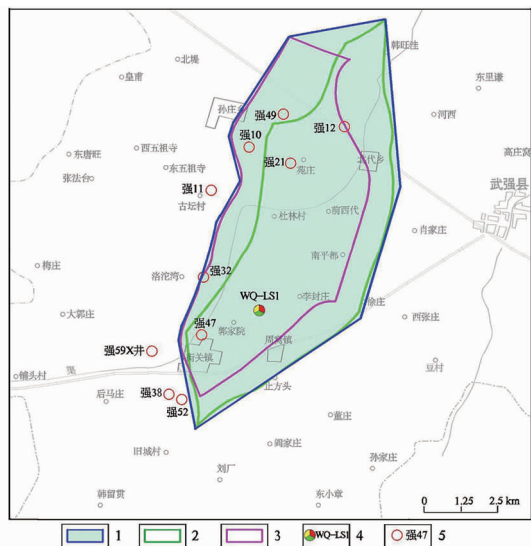


图4 武强县西部卤水矿潜力区范围

Fig. 4 Extent of potential brine resource area

1. 综合卤水矿潜力较大区范围;
2. 沙河街二段卤水矿化潜力较大区范围;
3. 沙河街三段卤水矿化潜力较大区范围;
4. 卤水矿验证孔及编号;
5. 石油井及编号

利用段2 756.0 m—3 380.1 m,利用砂岩总厚度为102.3 m,主要岩性为粉细砂岩、细砂岩、中细砂岩。

利用段选取赋存卤水矿层5组(沙河街二段下部3组、沙河街三段上部2组)自下而上分别射孔、分层止水、进行分层抽水试验,分层试验结束后解封进行综合抽水试验。分层组及综合抽水试验时分别采取水样进行检测。由此得出分层组及验证孔总利用段的卤水特征(表1)。

总利用段的卤水涌水量 $437.52 \text{ m}^3/\text{d}$,为弱富水性卤水,卤水矿化度 91.1 g/L ,属低矿化度卤水,卤水水化学类型为 NaCl 型, NaCl 含量为 7.16% ,达到一般工业指标边界品位 $\geq 5\%$ 标准。从上至下5层组的主要卤水特征如下:即1、2、3、4、5层组卤水涌水量分别为 $154.80 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $196.80 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $140.16 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $15.6 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $16.8 \text{ m}^3/\text{d}$,属弱富水性卤水;矿化度分别为 90.0 g/L 、 75.2 g/L 、 104 g/L 、 128.0 g/L 、 150.0 g/L ,均属低矿化度卤水,水化学类型均为 NaCl 型卤水(依据《盐湖和盐类矿产地质勘查规范》(DZ/T0212—2002)^[1])。

沙河街组二段下部3个卤水含水层组卤水中 NaCl 含量 $5.69\% \sim 7.82\%$,达到盐湖和盐类矿产一般工业指标石盐卤水矿边界品位 $\geq 5\%$ 要求;其中第1、2卤水含水层组卤水 I^- 含量 16.1 mg/L 、 16.4 mg/L ,达到盐湖和盐类矿产综合评价指标 $15 \sim 20 \text{ mg/L}$ 要求;并且,第2卤水矿层组 LiCl 含量 439.80 mg/L 达到盐湖和盐类矿产一般工业指标最低工业品位 300 mg/L 的标准。

沙河街组三段上部2个卤水含水层组卤水中 NaCl 含量 $9.06\% \sim 10.00\%$,均达到一般工业指标边界品位 $\geq 5\%$ 标准,其中第5卤水含水层组卤水中 NaCl 含量为 10.00% ,达到一般工业指标最低工业品位 $\geq 10\%$ 标准; KCl 含量分别为 0.20% 、 0.30% ,第4卤水矿层组 KCl 含量为 0.20% ,达到盐湖和盐类矿产符合综合评价指标 0.20% 要求,第5卤水含水层组卤水中 KCl 含量为 0.30% 达到钾盐工业指标边界品位 $\geq 0.3\% \sim 0.5\%$ 标准^[5,8-9]。

4 勘查前景分析

4.1 沙河街组三段卤水矿勘查前景分析

通过分析三维地震与石油钻孔资料,发现沙河街组三段下部砂岩较发育,预测为卤水矿化潜力较大。区域物探资料解译沙河街组三段下部电性特征为低阻湖相沉积,为高矿化度段^[10]。

表 1 卤水矿验证孔井综合数据统计结果

Table 1 Comprehensive data statistics table of the brine mine verification hole

赋存层位	卤水层组	利用段/m	砂岩厚度/m	涌水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	井口水温/ $^{\circ}\text{C}$	矿化度/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	水化学类型	NaCl 含量/ %	KCl 含量/%	LiCl 含量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	I^- 含量/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
E _{S2}	1	2756.0~2803.2	16.2	154.80	43.3	90.0	Cl-Na	6.83★	0.14	79.8	16.1△
	2	2829.0~2887.7	19.1	196.80	42.3	75.2	Cl-Na	5.69★	0.12	439.8▲	16.4△
	3	2940.3~2960.6	20.3	140.16	57.2	104.0	Cl-Na	7.82★	0.16	98.4	13.5
E _{S3}	4	3201.5~3244.3	23.4	15.60	54.3	128.0	Cl-Na	9.06★	0.20△	—	13.4
	5	3331.4~3380.1	23.3	16.80	54.5	150.0	Cl-Na	10.00▲	0.30★	—	7.99
E _{S2} + E _{S3}		2756.0~3380.1	102.3	437.52	71.9	91.1	Cl-Na	7.16★	0.14	—	23.88

注:依据文献[1],达到盐湖和盐类矿产综合评价指标标准用“△”表示,达到盐湖和盐类矿产一般工业指标边界品位标准用“★”表示,达到盐湖和盐类矿产一般工业指标最低工业品位标准用“▲”表示。

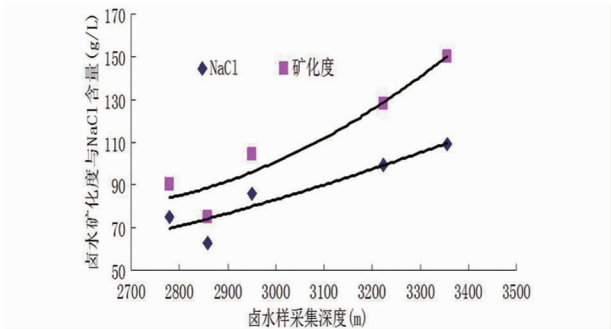


图 5 卤水矿化度与 NaCl 含量随采样深度变化趋势

Fig. 5 Change tendency of salinity and NaCl content to depth

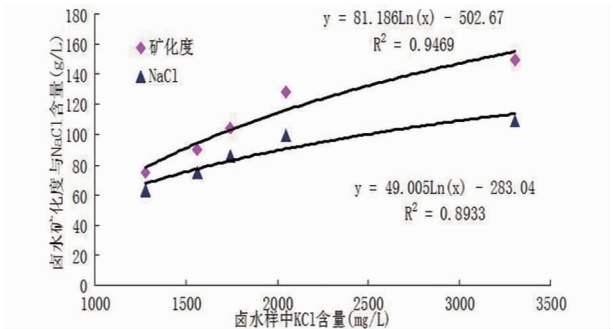


图 7 卤水中 KCl 含量与矿化度、NaCl 含量相关性分析

Fig. 7 Correlation analysis of KCl, salinity and NaCl in the brine

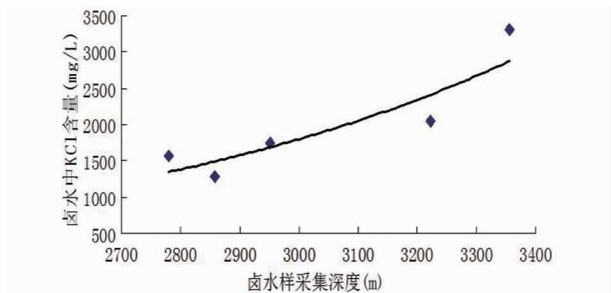


图 6 卤水中 KCl 含量随采样深度变化趋势

Fig. 6 Change tendency of NaCl content to depth

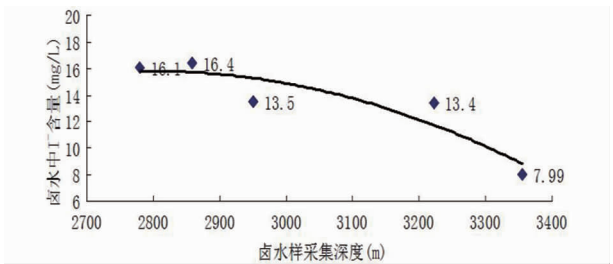


图 8 卤水中 I^- 含量随采样深度变化趋势图

Fig. 8 I^- content tendency to depth

依据验证孔 5 组分层取样测试结果,卤水矿化度与 NaCl 含量随着采样深度的增加均呈递增的趋势(图 5)。建议勘查沙河街组三段卤水矿资源,以查明整个沙河街组三段卤水资源赋存特征,提高卤水矿化潜力区勘查精度。

4.2 钾盐矿勘查前景分析

验证孔 5 组分层取样测试结果显示,KCl 含量随着采样深度的增加也呈现递增的趋势(图 6);卤水中 KCl 含量与卤水矿化度及 NaCl 含量呈正向相关性(图 7)。

钾盐矿作为我国匮乏资源,在综合分析 KCl 含量随采样深度变化趋势基础上,考虑加大钾盐矿勘查力度,以探寻品位更佳的钾盐矿床。

4.3 碘与氯化锂勘查前景分析

从卤水矿验证孔井综合数据统计结果(表 1)不难看出,碘与氯化锂仅赋存于沙河街组二段,且随着采样深度的增加,碘离子含量呈现递减的趋势(图 8);而锂离子在各卤水层段含量差异较大,含量最多为 73.3 mg/L,含量最少为 13.3 mg/L(图 9)。由于本次仅有 5 组水质数据检验,碘与氯化锂的赋存特征有待进一步勘查研究。

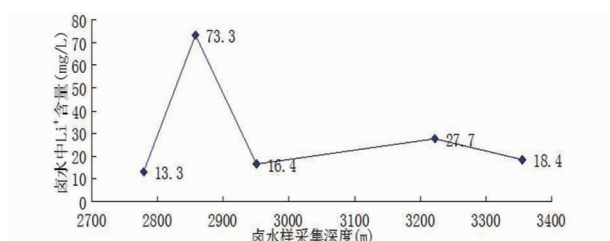


图 9 卤水中 Li⁺ 含量随采样深度变化趋势图

Fig. 9 Li⁺ content tendency to depth

5 结语

(1)通过分析预查区附近的石油钻孔、三维地震资料,结合本次预查施工的卤水验证孔分层抽水取样测试分析资料,初步圈定预查区卤水矿化潜力区 69.19 km²。

(2)依据区内沙河街组二段与三段底界埋深构造特征,凹陷区两侧 NE、NNE 向断裂控矿明显,是卤水矿体的主要控矿断裂;区域物探资料解译沙河街组三段下部电性特征为低阻湖相沉积,为高矿化度段,高品位卤水矿赋存潜力较大。

(3)经验证孔分层取样测试显示,卤水的矿化度、氯化钠、氯化钾含量随着采样深度的加深均有着增加的趋势。因此,应加强沙河街三段卤水资源勘查,以探寻丰富的卤水资源。

参考文献:

- [1] 盐湖和盐类矿产地质勘查规范. DZ/T 0212—2002; 23.
- [2] 张德忠,等. 河北地热[M]. 北京:地质出版社,2013.
- [3] 刘晓平,等. 武强县地热资源调查评价[R]. 衡水市:河北省地矿局第三水文工程地质大队,2013.
- [4] 河北省地质矿产局. 河北省北京市天津市区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [5] 张朝辉,等. 河北省武强县西部卤水矿预查报告[R]. 衡水市:河北省地矿局第三水文工程地质大队,2018.
- [6] 王松涛,高美霞,傅俊鹤. 山东潍坊沿海地下卤水矿地质特征及成矿规律[J]. 矿床地质,2008,27(5): 631-637.
- [7] 高亮,张国斌. 冀中平原区卤水矿产资源勘查与开发潜力评价[J]. 煤炭与化工,2015,38(5): 132-133+136.
- [8] 周训. 深层地下卤水的基本特征与资源量分类[J]. 水文地质工程地质,2013,40(5): 4-10.
- [9] 邹祖光,张东生,谭志容. 山东省地下卤水资源及开发利用现状分析[J]. 地质调查与研究,2008,31(3): 214-221.
- [10] 童阳春,周源. 现代盐湖卤水矿床开采新技术[J]. 金属矿山,2009(S1): 316-319.

Result of general prospecting and potential analysis of brine resource in the west of Wuqiangxian county, Hebei province

ZHANG Zhaohui, ZHAO Sujie, XING Xiaochen, LIU Xiaoping

(The third hydrogeology engineering brigade, Hebei geology and mineral bureau, Hengshui 053000, Hebei, China)

Abstract: A drill hole is operated at Member 2, 3 of Palaeogene Shahejie formation to check brine occurring there and brine is encountered with salinity 91.1 g/L. Layered water sealing technique is applied to layered water pumping of 5 aquifer groups. Watery characteristics of aquifers and chemical composition, salinity, density, acidity and alkalinity and the chemical type of the brine is generally known. According characteristics of the brine and ion coordination sequence useful chemical compounds in the brine are calculated and the grade is determined. Change tendency of salinity, NaCl, KCl, iodine ion and Li ion to depth are analyzed. The data lay a foundation for further prospecting brine in the area.

Key Words: brine; storage features; exploration prospect; west Wuqiangxian county; Hebei province