

柴达木盆地北缘冷湖三号构造 油田水水化学特征

李雯霞¹, 张西营¹, 苗卫良^{1,2}, 李永寿^{1,2}, 唐启亮¹,
王波¹, 李园¹, 朱广琴¹

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:油田水是沉积盆地中的重要流体,通过柴达木盆地北缘冷湖三号构造油田水水化学分析,来深入理解该地区的水化学特征并探讨其成因。研究表明,冷湖三号构造油田水的矿化程度较低且以 CaCl_2 型水为主,硅酸盐的溶解是油田水中的K、Mg、B、Li等元素的重要来源,而油田水中F含量的异常高值很可能与区内断裂作用有关。油田水水化学特征系数分析结果指示,冷湖三号构造油田水的演化是在较好的封闭条件和还原环境下进行的。和柴达木盆地西部相比,研究区油田水主要成分的含量低于或远低于柴达木盆地西部,K、Li、B等元素均未达到矿床的边界品位,目前尚难以利用。

关键词:柴达木盆地北缘;冷湖三号构造;油田水水化学;特征系数

中图分类号:P618.13

文献标识码:A

文章编号:1008-858X(2016)02-0012-07

前言

油田水是在储层中与油气伴生的地下水,并与烃类的运移、聚集和油气藏的形成有一定关系^[1],它是沉积盆地中非常重要的流体,其化学成分可以直接或间接地反映盆地流体系统的封闭性和开放性,其地球化学特征是不同的成岩环境(包括后期改造)的综合反映,与油气成藏密切相关。因此研究油田水的水文地球化学特征对油气生成、封存具有重要的指示意义^[2]。谭红兵等^[3]对柴达木盆地西部北西西向展布的背斜构造单元中赋存的油田卤水进行研究,发现K、B、Li、Sr等资源品位很高,具有良好的综合开发利用前景。付建龙等^[4]根据勘探资料对柴达木盆地西部油田水钾锂硼的富集

规律进行了初步研究,认为气候环境、构造演化是该地区油田卤水主要物质组分富集的影响因素。

柴达木盆地北缘是一个以中下侏罗统煤系地层为烃源岩的含油气系统。冷湖地区位于柴北缘,区内主要有冷湖三号、四号和五号构造,并且西邻下侏罗统的昆特依凹陷生烃中心。自20世纪发现冷湖等著名的油气田后,认为该区是重要的油气富集区和油气产区。截止目前,对柴达木盆地北缘冷湖地区油田水的研究仍非常薄弱,仅有关于柴北缘储层特征、成藏条件等的相关报道。鉴于此,本文以柴北缘冷湖三号构造油田水为研究对象,阐明其水化学特征并对其物源进行简单剖析,这对以后深入认识柴达木盆地油田水的成因及资源利用具有重要意义。

收稿日期:2016-01-04; **修回日期:**2016-02-01

基金项目:青海省应用基础研究计划项目(2014-ZJ-704);国家自然科学基金青年基金项目(41303029,41402082)和国家自然科学基金柴达木盐湖化工科学研究联合基金项目(U1407107)

作者简介:李雯霞(1987-),女,助理工程师,主要从事盐类沉积地球化学研究。Email:491962991@qq.com。

通信作者:张西营。Email:xyzchina@isl.ac.cn。

1 研究区概况

柴达木盆地位于青藏高原北缘,南边为昆仑山脉,北边、东北边为阿尔金山和祁连山。根据前中生界基底和中新生界盖层沉积及构造特征,结合成油条件,将盆地划分为西部茫崖拗陷区、东部三湖新拗陷区和北缘块断带3个一级构造单元^[5]。冷湖地区位于柴达木盆地北缘,在阿尔金山与祁连山交会处,区内主要由西段冷湖构造带的三号、四号和五号构造组成(图1)。冷湖构造带的该组断层地面发育、断距大,而地下断层少、断距小。冷湖三号构造位于柴达木盆地北缘块断带的二级构造单元上,东邻赛什腾断陷,西邻昆特依断陷,整个构造轴线由NW—SE向转为S—N向,又转为NW—SE向,呈反S型。该区环境闭塞,气候干燥寒冷,水体蒸发强烈,缺乏补给水,湖水咸化,使得

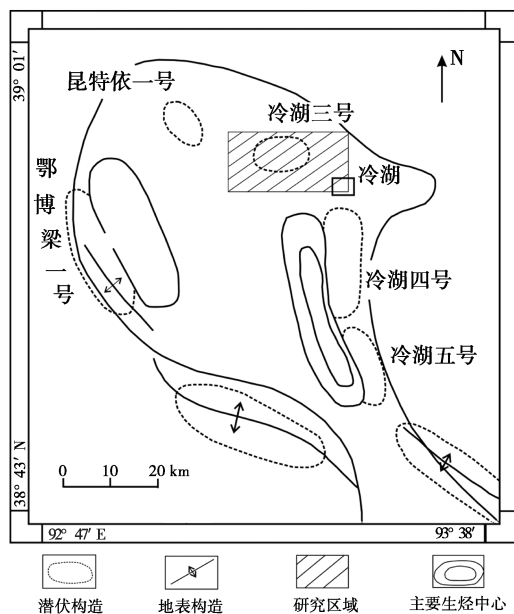


图1 冷湖三号构造位置图^[6]

Fig. 1 Construction drawing of No. 3 Lenghu

在区内沉积了大量的石膏、石盐等化学沉积物。研究区主要发育侏罗系的储盖组合,其岩性主要为砾状砂岩,砂岩中含胶结物约20%,胶结物主要成分为泥土质,其次为方解石;岩石颗粒胶结致密,分选较差,磨圆度为次棱状;胶结类型主要为孔隙式,其次为接触式。

2 样品采集、处理与分析

2.1 样品采集和处理

研究区冷湖三号构造位于冷湖镇北部,其南部为冷湖四号构造。油田水样品采自储油罐底部放水口,分别装入500 mL聚乙烯塑料瓶中,共采集油田水样18件。油田水一般为无色,个别含有少量原油而呈淡黄色,味咸。样品在室内用双层滤纸进行过滤,将过滤后的清液稀释后进行水化学成分分析,全部分析工作在中国科学院青海盐湖研究所分析测试中心完成。

2.2 样品分析

主要分析方法及检测精度如下。 Cl^- 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 采用容量法, $\text{RSD} \leq 0.5\%$; Rb 、 Cs 利用原子吸收光谱仪分析, $\text{RSD} \leq 5\%$; Br 采样酚红做指示剂的分光光度法, $\text{RSD} \leq 2\%$; As 和 Hg 利用原子荧光光度计分析, $\text{RSD} \leq 0.5\%$; F^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 在离子色谱仪上分析, $\text{RSD} \leq 5\%$;其余离子利用电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)进行分析。ICP-AES分析的元素中, S 的检测限 $< 1 \text{ mg/L}$; Na 和 Si 的检测限 $< 0.1 \text{ mg/L}$; K 、 Ca 、 Mg 、 B 、 Li 、 Sr 、 Ba 、 Fe 、 Al 、 Mn 、 Zn 的检测限均 $\leq 0.05 \text{ mg/L}$ 。通过对冷湖三号构造中油田水水样进行化验分析得知,油田水中主要的成分包括 Na 、 K 、 Ca 、 Mg 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 等,此外还有 Sr 、 Br 、 Li 、 Si 、 Fe 、 B_2O_3 、 Mn 等十多种微量组分,各成分含量见表1。

3 结果与讨论

3.1 矿化特征

自1911年美国Palmer提出第一个油田水分类方案开始,随之对油田水的分类方案作过多次修改和补充,但目前我国广泛使用的是苏林分类法。苏林认为,油田水中的地层水可分为4种类型,即 CaCl_2 型、 NaHCO_3 型、 MgCl_2 型和 Na_2SO_4 型。对于油田来说,含油气圈闭的水文

地质开启程度决定了油田卤水的性质,如在裸露和严重破坏的圈闭构造中,多属于开放性的 Na_2SO_4 型;而与地表大气降水隔绝良好的圈闭

构造中,多属于封闭性的 CaCl_2 型^[7-10];两者之间的过渡带是 MgCl_2 型;在油田剖面上部地段以 NaHCO_3 型为主^[11]。

表 1 冷湖三号构造油田水水化学成分

Table 1 Hydrochemical components of oilfield water in Lenghu No. 3 Structure													mg/L
	ρ	pH	TDS	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	HCO ₃	Br	F	B ₂ O ₃
最大值	1.070	8.4	97.00	23 234	239	9 611	2 549	1 226	59 723	1 171	32.5	201.4	185.5
最小值	1.003	6.0	3.48	1 156	17	25	4	1	1 406	93	1.2	1.9	2.1
平均值	1.024	7.1	33.24	8 884	96	2 564	674	253	19 819	394	11.4	65.3	55.2
	Li	Sr	SiO ₂	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Al	Ba	Fe	Mn	Zn	As	Hg	
最大值	1.3	256.7	668.0	17.47	34.41	2.01	78.42	3.85	17.01	0.43	7.71	9.22	
最小值	0.1	2.7	4.9	0.02	3.71	0.07	0.24	0.08	0.08	0.02	0.05	0.47	
平均值	0.7	96.2	247.7	3.29	10.08	0.57	6.97	1.00	2.78	0.14	2.10	4.42	

TDS 的单位为 g/L,密度(ρ)的单位为 g/cm^3 ,pH 为无量纲

研究区油田卤水水样密度在 1.00 ~ 1.07 g/cm^3 之间,TDS 平均只有 33.24 g/L。冷湖三号构造油田水大多数为 CaCl_2 型水,仅有两个矿化程度较低的样品为 NaHCO_3 型。这表明油田的水文地质条件稳定,油藏封闭性好,有利于油藏的后期保存。冷湖三号构造下侏罗统储层物性相对较差,地层平均孔隙度为 11.45%,渗透率平均为 $25.32 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于低孔、中低渗储集层^[5],所以在纵向及侧向上的连通性差,水体交换停滞,水动力对油藏的破坏作用较弱。

3.2 油田水化学组分

1) 主要组分 油田水主要化学组分中,阳离子按含量的排序为 $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$,阴离子的排序为 $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ 。 Na^+ 和 Cl^- 是含量最高的离子,其最高值可达 23 234 mg/L 和 59 723 mg/L;油田水中的 Ca^{2+} 含量很高,平均值高达 2 564 mg/L;油田水中 K^+ 的含量较低,平均值不到 100 mg/L,最高为 239 mg/L; SO_4^{2-} 的含量也比较低,平均值为 253 mg/L。相关性分析表明,TDS 与 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 的相关系数(R^2)分别为 0.99、0.76(除去 TDS 最高的一个样品点数据)、

0.93、0.97、0.999,显示它们之间具有很好的相关性; SO_4^{2-} 与 TDS 的相关性不显著,除去 TDS 最高的一个样品点数据后, $R^2 = 0.42$; HCO_3^- 则与 TDS 呈现一定的负相关性, R^2 为 0.26。以上数据分析表明, Na^+ 和 Cl^- 对油田水矿化程度贡献最大, Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 等成分随着矿化程度的增加而变大,油田水的浓缩作用是这些元素富集的重要因素。 SO_4^{2-} 与 TDS 的相关性不甚明显,可能与油田水中的 SO_4^{2-} 受硫酸还原细菌作用有关。 HCO_3^- 与 TDS 呈现一定的反相关关系,说明随着油田水的浓缩和矿化程度的增加, HCO_3^- 呈现减小趋势。

2) 微量组分 Br 在地壳中的丰度为 2.15×10^{-4} ,主要是以分散状态在自然界存在,一般不单独成矿,而易和金属、碱土金属形成溶于水的化合物,还可以配位体的形式与金属、碱土金属形成稳定的络合物^[12]。从表 2 可以看出,研究区样品中微量成分 Br 的平均含量只有 11.4 mg/L,最高为 32.5 mg/L,明显低于海水值(61.0 mg/L),说明本区油田卤水具有典型的内陆盐湖卤水特征。Br 也是指示水体浓缩的一个重要指标,Br 与 TDS 呈现较为明显的正相关关系($R^2 = 0.70$),随着油田水的浓缩,Br 含量也随之增高。

油田水中 B(以 B_2O_3 表示)的含量较高,平均 55.2 mg/L,最高为 185.5 mg/L。相对而言, Li 的含量明显偏低,平均值不到 1 mg/L。 B_2O_3 和 Li 与 TDS 均有较好的正相关关系,相关系数 (R^2) 分别为 0.83 和 0.79,而 B 和 Li 的相关系数 R^2 为 0.76,表明二者具有明显的伴生关系,且它们的富集与油田水矿化程度密切相关。

油田水中 SiO_2 的平均含量达到 248 mg/L, SiO_2 与 Al 具有显著正相关性且 R^2 达到了 0.83, SiO_2 与 K 和 Mg 的相关系数也达到了 0.80 以上。显然,油田水中的这些组分应该与硅酸盐矿物的溶解有密切关系,因为研究区地层中普遍存在长石、伊利石等含 K、Mg 的矿物,硅酸盐的溶解会把这些元素释放到油田水中。 SiO_2 与 B、Li 也有较明显的正相关关系,这同样指示了 B 和 Li 也会通过水和硅酸盐矿物(如电气石、锂辉石等)之间的水—岩作用而进入到油田水中。硅酸盐的溶解也会使得一些其它物质成分(如 Sr、Zn 等)进入油田水中,不过它们之间的相关性不是很显著。总之,油田水中的很多组分与硅酸盐的溶解有密切关系,它们对于油田水的化学组分种类及含量有重要贡献。

冷湖三号构造油田水中 F 含量平均为 65.3 mg/L,相对于其南部毗邻地区冷湖四号构造油田水中 F 的平均含量(6.7 mg/L)(数据尚未公开发表)高出一个数量级,显得颇为异常。

本区 F 除了与 HCO_3^- 和 As 呈正相关关系之外,与其它成分均没有明显的相关性。F 与 HCO_3^- 为显著正相关, $R^2 = 0.81$; 与 As 的相关性更为显著,除去 2 个异常点外, $R^2 = 0.86$ 。王仲侯与张淑君^[13]发现克拉玛依油区存在高矿化度 $NaHCO_3$ 型水,认为这种水型是地壳深部高浓度 CO_2 气体进入水中形成的,并且与深层潜伏的深断裂有关。根据对西藏热水的研究^[14],地热水中富含 F、As 等元素。在冷湖三号构造油田水样品中,发现一些样品 TDS 为 10 ~ 40 g/L,其 HCO_3^- 含量超过 500 mg/L 甚至 1 000 mg/L,相应地,这些水样也具有高的 F 含量(约 100 ~ 200 mg/L)和 As 含量(超过平均值 2 ~ 3 倍)。因此,推测这些水样中异常的 F、 HCO_3^- 、As 含量很可能与深部构造断裂有关。

油田水样品中普遍存在一定量的 NO_3^- 和 PO_4^{3-} ,这可能与有机质的分解有关;样品中所含的 Ba 与 Hg 呈现出一定的负相关性,但具体原因还有待深入分析。

3.3 油田水化学特征系数分析

油田水的各种化学参数组合特征在一定程度上反映着油气聚集与保存的某些特性。与油田水关系较大的水化学特征系数主要包括钠氯系数、脱硫系数、氯镁系数、钙镁系数和溴碘系数,本次研究水样的各特征系数见表 2。

表 2 冷湖三号构造油田水特征系数

Table 2 Characteristic coefficients of oilfield water in Lenghu No. 3 Structure

	rNa/rCl	rCl/rMg	rCa/rMg	$10^2 \times rSO_4/rCl$
最大值	1.27	107.91	9.15	3.11
最小值	0.59	7.67	1.13	0.01
平均值	0.77	24.52	3.35	0.76

1) 钠氯系数 钠氯系数(rNa/rCl)是反映地层封闭性好坏、油田水变质程度、地层水活动性的重要参数。低钠氯系数与水变质程度高、油气保存条件好具有一致性,反映了还原的水体环境,有利于油气保存^[15-17]。通常,标准海水的 rNa/rCl 平均值为 0.85 ~ 0.87,岩盐层溶滤形成的地层水 rNa/rCl 大约为 1,受大气降水

淋滤作用影响的地层水 rNa/rCl 一般大于 1,经过阳离子交替吸附和强烈的水—岩相互作用的沉积水 $rNa/rCl < 0.87$ ^[18]。

冷湖三号构造 18 件油田水样的钠氯系数在 0.59 ~ 1.27 之间,平均为 0.77,且大部分值均 < 0.87 ,表明该区主要发生了阳离子交替吸附与强烈的水—岩反应过程。部分样品具有较

高的钠氯系数(>0.87),需要根据具体情况进行分析,如钠氯系数最高的样品(其值为 1.27),其 TDS 只有 3.48 g/L,是所有样品中的最低值,这种低矿化度和高钠氯比值表明油田水受到了大气水的强烈影响。

2) 脱硫系数 在油田中,硫酸盐还原的现象很广泛,所以 SO_4^{2-} 含量极少。脱硫作用主要发生在还原环境下,这种环境对油气保存很有利,封闭性越好,其值越小。脱硫系数 $10^2 \times (r\text{SO}_4/r\text{Cl})$ 值 1 作为脱硫作用彻底与否的界限值。脱硫系数小于 1 表明地层水还原彻底,油藏封闭性好;其值大于 1 则表明还原不彻底,可能受浅表层氧化作用的影响。冷湖三号构造油田水脱硫系数在 0.01 ~ 3.11 之间,平均值为 0.76,大多数数值 <1 ,部分数据其值 >1 ,反映该区整体上油田卤水经历的还原脱硫作用比较彻底,油田水储层封闭状态较好。但由于部分地区褶皱构造发育,其它地层水渗入,引起数值偏高,说明在构造比较发育的地段存在补给区。

3) 氯镁系数 氯镁系数($r\text{Cl}/r\text{Mg}$)可说明地层水在运移过程中水—岩作用的强度和离子交替置换的程度,油气伴生的地层水氯镁系数通常为 5.13^[19]。18 个油田水样品的氯镁系数大于 5.13,平均值为 23.259,反映油田水封闭性较好,封闭时间较长,有利于油气的聚集和保存。但是,钠氯系数为 1.27 的低矿化度油田水样品中,氯镁系数却高达 108,似乎指示了这是封闭条件下形成的油田水,这与前述分析显然是矛盾的。因此,以简单的水文地球化学特征来判断油田水是不可取的,必须结合具体区域地质条件进行综合分析才能得到可靠结论。正如齐亚林等^[20]在研究鄂尔多斯盆地地层水与油藏保存条件关系时指出的,即使是经典的苏林地层水成因分类方案在确定油藏保存条件上也具有局限性。

4) 钙镁系数 钙镁系数($r\text{Ca}/r\text{Mg}$)反映油田水的变质程度,其值越高,地层封闭性越好,

油田水变质程度越高,深层水的钙镁系数一般大于 3^[21]。从表 2 可以看出,研究区油田卤水钙镁系数平均 3.35,多数为 1 ~ 2,少数样品其值大于 3,最高可达 9.15。说明冷湖三号油田水的总体封闭性较好,油田水的变质程度较高,但油田水仍与外部水体通过断裂或裂隙等通道进行了一定程度的交换和混合。

3.4 冷湖三号构造与柴达木盆地西部油田水成分对比

柴达木盆地西部多个构造区都赋存大量深部地层水,这些地层水往往具有很高的矿化度,并且富 K、Li、B 等元素,是可开发利用的重要资源。表 3 是柴达木盆地西部各主要构造区与冷湖三号构造油田水水化学成分的数据。从表 3 中可以明显看出,冷湖三号构造油田水矿化程度远低于柴西地区,除了 Ca 和 Mg 相差不大之外,TDS、K、Li、B、Br、 SO_4^{2-} 要低数倍甚至几十倍。从水化学类型来看,冷湖三号构造与柴西各构造油田水都基本属于 CaCl_2 型矿化水,但在成分上却具有明显差别,柴西和柴北缘油田水(深部地层水)的水文地球化学分异特征可能与这些水体的演化环境、物质来源等有关,但至今仍未见合理的解释。

从资源的角度来看,根据《盐湖和盐类矿产地质勘查规范》(DZ/T0212-2002),液体钾矿(KCl 计)的边界品位为 0.3% ~ 0.5%,最低工业利用品位大于 0.5% ~ 1.0%;卤水锂矿(LiCl)的边界品位为 150 mg/L,最低工业品位不低于 300 mg/L;卤水硼矿(B_2O_3)可资利用的边界品位为 400 mg/L,最低工业品位为 1 000 mg/L。柴西油田水中的 K、Li、B 基本都满足边界品位的最低要求,甚至远超最低工业品位。相对而言,冷湖三号构造的 K、Li、B 含量太低,连矿床的边界品位要求都远远达不到。因此,从卤水资源利用的角度来看,冷湖油田水的利用价值显然远低于柴西地区。

表 3 冷湖三号构造与柴达木盆地西部油田水成分

Table 3 Components of oilfield waters between Lenghu No. 3 Structure and western Qaidam Basin mg/L

构造名称	油田水成分								文献来源
	K	Ca	Mg	SO ₄ ²⁻	Li	B ₂ O ₃	Br	TDS	
小梁山	480	1 587	331	2 050	36	2 933	55	154. 10	[22]
油泉子	3 001	5 863	2 000	725	115	1 705		266. 86	[22]
油墩子	2 364	4 836	857	1 325	98	1 366		309. 50	[22]
开特米里克	1 797	3 142	1 779	8 863	70	1 654	73	174. 33	[22]
南翼山	4 175	9 300	1 123	664	104	2 415		238. 83	[22]
冷湖三号	96	2 564	674	253	1	55	11	33. 24	本文

TDS 的单位为 g/L

4 结 论

- 1)冷湖三号构造油田水以 CaCl₂ 型水为主,主要成分为 Na、K、Ca、Mg、Cl、SO₄²⁻ 和 HCO₃⁻;油田水的矿化程度较低,TDS 平均值为 33. 24 g/L。
- 2)油田水具有较高的 SiO₂,SiO₂ 与 K、Mg、Li、B 等具有较好的相关性,可能指示了这些元素与硅酸盐的溶解作用有关;油田水中异常的 F、HCO₃⁻、As 含量,推测这可能与深部构造断裂有关。
- 3)根据钠氯系数、脱硫系数、氯镁系数等特征系数的研究,冷湖三号构造油田水的演化基本处于良好的封闭条件和还原环境,但同时与外界可能存在一定联系。
- 4)冷湖三号构造油田水的 K、Li、B 等含量远小于柴达木盆地西部,这些元素都没有达到矿床的边界品位,利用价值较低。

参考文献:

[1] 李贤庆,侯读杰,张爱云. 油田水地球化学研究进展[J]. 地质科技情报,2001,20 (2):51-54.

[2] 肖聪,杜尧,陈柳竹,等. 南海北部沉积盆地油田水水化学特征及其成因分析[J]. 水文地质工程地质,2015,42 (2):16-23.

[3] 谭红兵,曹成东,李廷伟,等. 柴达木盆地古近系和新近系油田卤水资源水化学特征及化学演化[J]. 古地理学报,2007,9 (3):313-320.

[4] 付建龙,于升松,李世金,等. 柴达木盆地西部第三系油田卤水资源可利用性分析[J]. 盐湖研究,2005,13 (3):

17-21.

[5] 寇福德,朱玉洁,李建明. 柴达木盆地北缘冷湖地区下侏罗统储层特征研究[J]. 内蒙古石油化工,2005,12:86-90.

[6] 门相勇,赵文智,余辉龙. 柴达木盆地北缘冷湖地区油气成藏条件研究与勘探建议[J]. 石油勘探与开发,2001,8 (4):4-7.

[7] 李继,李荣西,韩天佑,等. 鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区地层水与油气成藏关系研究[J]. 石油实验地质,2009,31 (3):253-257.

[8] 卢双舫,张敏. 油气地球化学[M]. 北京:石油工业出版社,2008.

[9] 陈义才,沈忠民,罗小平. 石油与天然气有机地球化学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2007.

[10] 王启军,陈建渝. 油气地球化学[M]. 北京:石油工业出版社,1988.

[11] 陈新军,石万忠,陈萍丽. 惠民凹陷油田水化学场分布特征与油气聚集关系[J]. 天然气地球科学,2000,11 (6):7-11.

[12] 曾昭华,曾雪萍. 地下水中溴的形成及其与人群健康的关系[J]. 吉林地质,2001,20 (1):57-60.

[13] 王仲侯,张淑君. 克拉玛依油田高矿化度重碳酸钠型水的发现与特征[J]. 石油实验地质,1998,20 (1):39-43.

[14] 张庆,谭红兵,渠涛,等. 西藏地热水中典型有害元素对河流水质的影响[J]. 水资源保护,2014,30 (4):23-30.

[15] 李贤庆,侯读杰,唐友军,等. 地层流体化学成分与天然气藏的关系初探—以鄂尔多斯盆地中部大气田为例[J]. 断块油气田,2002,9 (5):1-4.

[16] 胡绪龙,李瑾,张敏,等. 地层水化学特征参数判断气藏保存条件—以呼图壁、霍尔果斯油气田为例[J]. 天然气勘探与开发,2002,9 (5):1-4.

[17] 朱玉双,王震亮,林艳萍,等. 石西油田石炭系水动力特征及其与含油性关系[J]. 地球化学,2003,32 (4):

- 387-392.
- [18] 李建森,李廷伟,马海州,等. 柴达木盆地西部新近系和古近系油田卤水水化学特征及其地质意义[J]. 水文地质工程地质,2013,40(6):28-36.
- [19] 梁晓伟,牛小兵,李卫成,等. 鄂尔多斯盆地油田水化学特征及地质意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2012,39(5):502-508.
- [20] 齐亚林,罗安湘,张晓磊,等. 鄂尔多斯盆地长7油层组地层水与油藏保存条件关系[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2014,36(10):45-49.
- [21] 李廷伟,谭红兵,樊启顺. 柴达木盆地西部地下卤水水化学特征及成因分析[J]. 盐湖研究,2007,14(4):26-32.
- [22] 青海省地质调查院. 青海省柴达木盆地西部油田水资源评价及钾硼锂碘提取技术现场扩大试验[R]. 西宁:青海省地质调查院,2006.

Hydrochemical Characteristics of Oilfield Waters in Lenghu No. 3 Structure Area of North Edge of Qaidam Basin

LI Wen-xia¹, ZHANG Xi-ying¹, MIAO Wei-liang^{1,2}, LI Yong-shou^{1,2}, TANG Qi-liang¹,
WANG Bo¹, LI Yuan¹, ZHU Guang-qin¹

(1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: Oilfield water is an important fluid in sedimentary basin. Through hydrochemical analyses of oilfield waters collected from the Lenghu No. 3 Structure area in north Qaidam Basin, the hydrochemical characteristics of these waters were deeply understood and their genesis was discussed. Studies results show that the mineralization of oilfield waters in Lenghu No. 3 Structure are mainly CaCl_2 types. It is speculated that the resolution of silicates is an important source for the elements of K, Mg, B, Li in oilfield water. Abnormally high contents of F in some oilfield waters are probably related with the existence of deep-seated faults in study area. Analyses of hydrochemical characteristic coefficients indicate that the evolution of oilfield waters in Lenghu No. 3 Structure were under well closed condition and reducing environment. Compared to main components of oilfield waters in western Qaidam Basin, those in Lenghu No. 3 Structure have lower or much lower values. The contents of the element K, Li, B are under the cut-off grade and nowadays it is hard to be utilized.

Key words: North Qaidam Basin; Lenghu No. 3 Structure; Hydrochemistry of oilfield water; Characteristic coefficient

封面图片: 尕斯库勒盐湖

尕斯库勒盐湖位于柴达木盆地西南端,地理坐标北纬 $37^{\circ}57' \sim 38^{\circ}11'$,东经 $90^{\circ}40' \sim 91^{\circ}10'$ 。尕斯库勒盐湖发育于柴达木盆地茫崖拗陷的尕斯库勒凹陷中,湖水面积 103 km^2 ,水深一般为 $0.5 \sim 0.8 \text{ m}$,平均水深 0.65 m ;水化学类型为硫酸镁亚型,是一个以石盐、芒硝沉积为主的盐湖。湖表卤水及晶间卤水中富含钾、锂资源,湖表卤水矿化度 333 g/L ,晶间卤水赋存于石盐和白钠镁矾沉积层中,埋深 $0.1 \sim 0.3 \text{ m}$,分布面积为 138 km^2 ,属固—液相并存的特大型盐湖矿床。

(中国科学院青海盐湖研究所 曾方明)