

柴达木盆地西部油田水钾硼锂富集规律 及影响因素研究

付建龙¹, 吴 蝉², 舒树兰¹, 石天成¹, 张志安¹

(1. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810012; 2. 青海省科技厅, 青海 西宁 810000)

摘 要: 在对国家“十五”科技攻关 2004BA602B—08 项目实施的基础上, 通过对柴达木盆地西部主要构造油田水的分布特点分析, 研究了油田水中主要组分及钾、硼、锂的富集规律, 并进一步指出, 气候环境、构造演化是油田卤水中主要物质组分富集最主要的影响因素。

关键词: 油田水; 钾; 硼; 锂

中图分类号: P641.462 文献标识码: A 文章编号: 1008—858X(2006)04—0022—04

1 油田水的物理性质及化学成分

1.1 油田水的物理性质

油田水为无色、褐红色、微有油、气和硫化氢气味, 味咸微苦涩, 质量密度为 $1.002 \sim 1.228 \text{ g/cm}^3$ 的液体物质。油田水与现代盐湖晶间卤水虽都为卤水, 但其差别也较明显。最大的差别之一是按舒卡列夫水化学类型分类方案, 油田水均为氯化钠型水, 晶间卤水为氯化镁型水。两者的阴离子虽都以 Cl^- 占绝对优势, 但阳离子前者以 Na^+ 占绝对优势。一般 Na^+ 的浓度占阳离子总和的 90% 以上, 最高可达 99.59%, 低者也达 80% 左右, Mg^{2+} 的浓度占阳离子总和只有 1.00% ~ 5.5% 左右, 最高 9.61%; 后者阳离子以 Mg^{2+} 占优势, 一般 Mg^{2+} 的浓度占阳离子总和的 70% ~ 80%, Na^+ 的浓度仅占阳离子总和的 20% 左右。

1.2 油田水的化学成分

从已有的水质分析^[1] 资料看, 油田水的化学成分比较复杂。除常见 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 外, 还含有 Li^+ 、 B_2O_3 、 Br^- 、 I^- 等有益微量元素, 只是它们的含量有所

不同。

阴离子中以 Cl^- 为主, 甚至占绝对优势。 Cl^- 的浓度占阴离子总和的 95% 以上, 最高可达 99.74%, 低者也可达 90% 左右。影响其质量浓度的因素是水的矿化程度, 矿化程度越高, Cl^- 相对含量和绝对含量也越高, 如花土沟 N₁g 含水层中油田水矿化度 455.67 g/L, Cl^- 质量浓度即达 275.37 g/L, 占阴离子总量的 99.74%, 许多矿化度在 275 ~ 327 g/L 的油田水, Cl^- 质量浓度在 180 ~ 190 g/L 之间, 相对含量也在 99.5% 左右。

阴离子中次为 SO_4^{2-} 。其质量浓度变化较大, 一般 SO_4^{2-} 的浓度占阳离子总和的 0.5% ~ 2%, 最高 21.59%, 最低 0.0%, 影响其质量浓度的主要因素是水的赋存和埋藏条件。在深埋封闭的还原条件下, 有两种原因使 SO_4^{2-} 质量浓度降低: ①还原作用。硫酸盐还原细菌将其还原成 H_2S ; ②水中 Ca^{2+} 浓度。 Ca^{2+} 浓度高与 SO_4^{2-} 形成较难溶的 CaSO_4 而消耗 SO_4^{2-} 。

多数情况下 HCO_3^- 离子的相对含量在阴离子中居第三位, 仅在少数 CaCl_2 型水中居第二位。 HCO_3^- 的浓度占阴离子总和的 0.2% ~ 0.5%, 高者 1% 左右, 最高 2.96%, 影响其含量

的主要因素是矿化度。碳酸盐溶解度随着矿化度的升高而相继析出沉淀, 消耗大量 HCO_3^- 。

1.2.1 钠镁氯钙分布

Na^+ 与 Cl^- 一样是高矿化度水的标志性离子。影响其含量的主要因素是水的矿化程度以及 Na^+ 与吸附综合体中 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 的平衡关系; 矿化度升高, NaCl 结晶析出, 消耗了 Na^+ 使之含量降低, 当 Na^+ 很高与含水介质中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 失去平衡时, Na^+ 会与含水介质(吸附综合体)中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 发生交替, 而使本身含量降低。

阳离子中次要成分为 Ca^{2+} 。其浓度一般占阳离子总和的 3.0%~9.5%, 高者可达 12%~18%, 低者<1%; 区域上狮子沟、小梁山等地含量低, 油泉子、南翼山、俄博梁、冷湖等含量较高。影响其含量的主要因素是水中的 HCO_3^- 和 SO_4^{2-} 含量, 在高矿化水中, Na^+ 交替吸附综合体中的 Ca^{2+} , 致使水中 Ca^{2+} 有所增加。

Mg^{2+} 在阳离子中含量居第三位, 其含量一般占阳离子总和的 1.0%~5.5%, 高者达 6.60%~8.32%, 低者 0.10% 左右; 区域分布上以开特米里克、油泉子、南翼山等地含量较低,

以狮子沟、油墩子、冷湖等地含量低。影响其含量的因素与 Ca^{2+} 基本相同。

1.2.2 钾硼锂分布

油田水中含有 K^+ 、 Li^+ 、 B_2O_3 等阳离子。从现有的资料看^[3], K^+ 在不同构造和不同含水层组中的变化比较大: 含量最高的是小梁山的 N_{2s} 含水组, 换算成 KCl 其质量分数达 2.19%~4.06%; E_{3g} 含水组中 KCl 只达 0.14%, 上下变化大而明显。

南翼山的 N_{1s} 含水组中 KCl 的质量分数为 0.15%; N_{2s} 含水组中 KCl 的质量分数的 0.46%; E_{3g} 含水组中 KCl 的质量分数 0.88%~1.11%。

油泉子构造 K^+ 分布又有不同, 在 N_{2y} 含水组、 N_{1g} 含水组和 N_{3g} 含水组中 KCl 的质量分数为 0.53%~0.89%; N_{1y} 含水组中, 除 YZ6 井的 KCl 的质量分数为 0.64% 外, 其余均在 0.30% 左右, 呈现上下高, 中间低的现象。

此外, 开特米里克各井均终止于 N_{2y} 含水组中。只有个别井 KCl 的质量分数达 0.86%~1.01%, 其余大部分井中 KCl 的质量分数均小于 0.10%, 见表 1。

表 1 各构造不同含水组 KCl 质量分数(%)

Table 1 Statistics of KCl contents in the different water-containing groups of each fomatation, %

含水组 构造	N_{2s}	N_{2y}	N_{1y}	N_{1g}	E_{3g}	备 注
小 梁 山	2.19~4.06				0.14	※1 4 井资料, 一井为 0.64%, 其余三井为 0.28%~0.32%。 ※2 3 个样资料, 一样为 0.44%, 另两样为 0.53%和 0.73%。 ※3 12 井资料其中两井分别为 0.86%、1.01%, 余者均<0.10%。
南 翼 山	0.46	0.61		0.15	0.44~1.11	
油 墩 子		0.20	0.38			
油 泉 子		0.83	0.28~0.64 ^{※1}	0.44~0.73 ^{※2}	0.89	
开特米里克	0.04~1.01 ^{※3}					
茫 崖		0.32				

2 富集规律

研究发现 K^+ 的富集主要与油田水矿化度有关, 尤其当矿化度由 150 g/L 升至 400 g/L 时, K^+ 含量也呈大幅度上升趋势(图 1)。在区域上

则显示盆地边缘偏低, 中部趋高的特征。

Li^+ 含量普遍较高, 但各构造也有明显差异。换算成 LiCl 后, 南翼山 N_{2y} 、 N_{1g} 、 E_{3g} , 油泉子 N_{2y} 、 N_{1y} 、 N_{1g} 、 E_{3g} , 开特米里克除 N_{2y} 含水组中油田水 LiCl 的质量浓度为 314.6~2067.96 mg/L, 绝大多数在 400~1400 mg/L 之

间。

Li^+ 的富集与 K^+ 有相似的规律, 也有明显的随矿化度升高而含量增加的趋势(图 2)。在区域上则显示盆地边缘低, 中部高的特征。

B_2O_3 含量也普遍较高, 但也有一定差异。中部南翼山、油泉子构造上, 除南翼山 $\text{N}_{2\text{s}}$ 、 $\text{N}_{2\text{y}}$ 含水组和油泉子 $\text{N}_{1\text{y}}$ 含水组 B_2O_3 的质量浓度较低外(在 436 ~ 540 mg/L 间), 两构造上的 $\text{N}_{2\text{y}}$ 、 $\text{N}_{1\text{g}}$ 、 $\text{E}_{3\text{g}}$ 各含水组油田水 B_2O_3 的质量浓度均在 2 000 ~ 3 300 mg/L 之间, 最高达 4 251 mg/L; 其次是开特米里克、油墩子、茫崖构造, 仅有 $\text{N}_{2\text{y}}$ 、 $\text{N}_{1\text{y}}$ 含水组油田水资料, 其 B_2O_3 的质量浓度为 1 100 ~ 1 900 mg/L; 狮子沟构造仅有 $\text{N}_{1\text{y}}$ 和 $\text{E}_{3\text{g}}$ 含水组油田水 B_2O_3 资料, 质量浓度分别为 1 177 mg/L 和 942.9 mg/L。

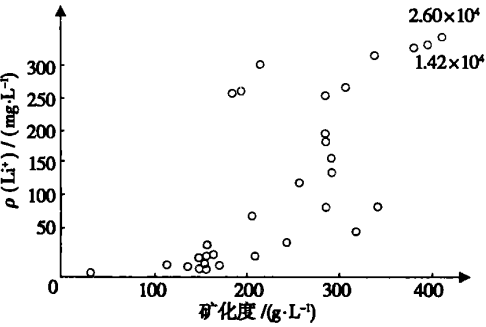


图 1 钾离子含量与矿化度关系图
Fig. 1 Relation of potassium concentration with total salinity

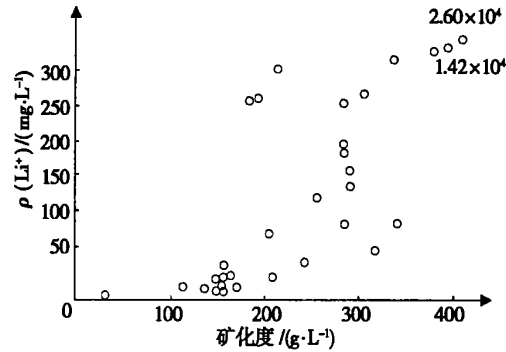


图 2 锂离子含量同矿化度关系图
Fig. 2 Relation of lithium concentration with total salinity

位于盆地边缘的油砂山、俄博梁 I、II 号、冷湖、七个泉构造, 已知 $\text{N}_{1\text{y}}$ 、 $\text{E}_{3\text{g}}$ 两含水组油田

水中 B_2O_3 含量则较低, 其质量浓度多在 70 ~ 270 mg/L 之间, 七个泉 $\text{N}_{1\text{y}}$ 和俄博梁 I 号 $\text{E}_{3\text{g}}$ 含水组其质量浓度只有 12.64 mg/L 和 31 mg/L, 显示了由盆地边缘向中部 B_2O_3 含量有所升高, 同时表明随油田水矿化度的升高 B_2O_3 含量逐步增加的趋势。与 K^+ 、 Li^+ 等具有基本相同的富集规律。

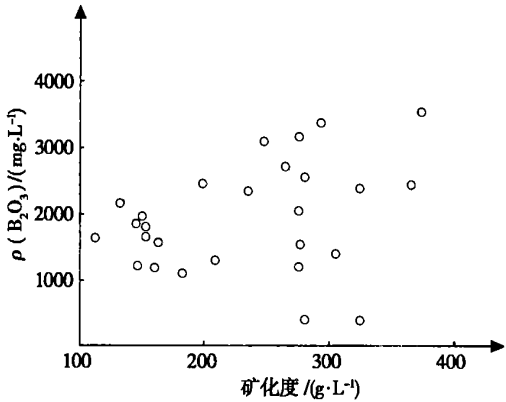


图 3 三氧化二硼含量同矿化度关系图
Fig. 3 Relation of B_2O_3 concentration with total salinity

3 结 论

油田水主要物质组分的富集与油田水本身的形成条件有关。柴达木盆地西部自渐新世始, 其构造性质由差异性断块升降运动变为水平挤压, 构造活动由断陷变为拗陷^[3], 造就了大规模的碎屑沉积。由于气候在总体趋于干燥, 是垂向上矿化度、水化学类型发生变化的主要原因。

由于基底构造性质和后期构造活动幅度的不同, 盆地在其发展过程中, 不止一次同时出现不同的沉积中心。在构造和干旱气候影响下, 湖水被分割, 由于补给条件不同, 使被分割的湖水发生蒸发浓缩作用, 是各构造间油田水矿化度增高, 有用物质组分富集的主要原因。

本文的研究得到了青海省科技厅、青海省石油管理局、青海省石油勘探开发研究院、西部边缘油田分公司等单位的大力支持和帮助, 在此, 一并向上述单位表示感谢。

参考文献:

[1] 青海省地质调查院. 国家“十五”科技攻关 2004BA602B

- 08 青海省柴达木盆地西部油田水资源评价及综合利用研究报告[R]. 西宁: 青海省地质调查院, 2006.
- [2] 青海省地质调查院. 国家重大基础研究 2002CC02400 青海省柴达木盆地西部油田水大含水层研究[R]. 西宁: 青海省地质调查院, 2004.
- [3] 黄汉纯, 等. 柴达木盆地地质与油气预测[M]. 北京: 地质出版社, 1996.

Study on the Characteristics and Influencing Factor for the Enrichment of Potassium, Lithium, and Boron in the Oil Field Waters of Western Qaidam Basin

FU Jian-long¹, WU Chan², SHU Shu-lan¹, SHI Tian-cheng¹, ZHANG Zhi-an¹
(1. *Qinghai Geological Survey Institute, Xining 810012, China,*
2. *Qinghai Science and Technology Commission, Xining 810000, China*)

Abstract: Through analysis of the distribution characteristics of oilfield waters of major formations in western Qaidam Basin, the enrichment specifics of the major components potassium, lithium, and boron were discussed. It is further pointed out that climatic environment and formation evolution are major influencing factor for the enrichment processes.

Key words: Oilfield water; Potassium; Boron; Lithium

(上接 21 页)

Distributed Hydrological Model for Nalinggele River and Salt Lakes in Its Lower Reaches

WANG Tao, GAO Dong-lin, MA Hai-zhou, ZHANG Ming-gang
(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China*)

Abstract: Hydrological modeling is one of the most important branches in the hydrology science. The methods generally can be classified as lumped modelling and distributed modelling. Distributed modelling are extensively studied and applied in China. Nalinggele River is the largest river in Qaidam Basin. The accurate estimation and evaluation of the hydrological situation of the river is of great significance for the exploitation of salt lake resources in the basin. Based on theoretical investigation and comparison of the distributed models, the TOPKAPI model is deemed as the most suitable model for simulating the hydrological cycling kinetics of the river basin.

Key words: Nalinggele river; Distributed hydrological river; TOPKAPI model