

焉耆盆地油田水与油气藏的关系

袁政文^{1,2}, 全书进³, 乔桂林³

(1. 西北大学地质系, 陕西西安 710069; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

3. 河南油田分公司石油勘探开发研究院, 河南南阳 473132)

摘要: 焉耆盆地油田水有 CaCl_2 和 NaHCO_3 两种类型, 矿化度为 5.5~73.2 g/L, 呈正向水化学剖面特征, 具明显的分区性: CaCl_2 型主要分布于宝浪苏木构造带的宝北区块的北部地区; NaHCO_3 型则主要分布在宝南、本布图、种马场区块及宝中区块的部分地区。油田水有机质丰度均较低, 多数在 2×10^{-6} 以下; 有机酸含量很高, 一般为 $2.546 \times 10^{-6} \sim 5.148 \times 10^{-6}$; 酚含量一般为 $0.12 \times 10^{-6} \sim 4.63 \times 10^{-6}$ 。已证实盆地存在自由交替带、缓慢交替带、阻滞带 3 个水文地质带, 北部保存条件好于南部, 中部好于盆地边缘。

关键词: 油田水; 地球化学; 油气藏; 分带; 焉耆盆地

第一作者简介: 袁政文, 男, 47 岁, 教授级高级工程师(博士生), 构造地质与石油地质

中图分类号: TE133.2

文献标识码: A

焉耆盆地位于新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州境内, 横跨在庫鲁克塔格褶皱带和南天山褶皱带之上, 为一 NWW 向长条状展布的中新生代含煤盆地, 面积 $1.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。呈两坳一隆构造格局, 自南向北为博湖坳陷、焉耆隆起和和静坳陷。博湖坳陷又划分为北部凹陷、种马场凸起、南部凹陷。盆地内有 6 条天然水系, 地表水年总径流量 $39 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

1 分布

焉耆盆地油田水主要有 CaCl_2 型和 NaHCO_3 型。 CaCl_2 型水主要分布于宝浪苏木构造带的宝北区块和宝中区块的北部地区, 种马场构造带八道湾组也见有此种类型。 NaHCO_3 型水分布在宝南、本布图、种马场区块及宝中区块的部分地区。油田水的矿化度为 5.5~73.2 g/L, 峰值在 50 g/L 左右, 平均 33.5 g/L(图 1)。

平面上, 自盆地边缘向盆地中心, 由南向北, 矿化度逐渐增加, 钠氯系数、脱氯系数、钠钙系数、碳酸岩平衡系数和 $r(\text{Na}-\text{Cl})/r\text{SO}_4$ 系数逐渐降低, 钙镁系数、变质系数以及 $r\text{Cl}/r(\text{HCO}_3 + \text{CO}_3)$ 系数逐渐增加, 呈现出油田水的变质程度逐渐增加、地层的封闭性变好的趋势。矿化度低于 20 g/L 的油田水主要分布在博南 1 井区、本布图区块及种马场区块

浅层, 水型主要为 NaHCO_3 型; 矿化度 20~30 g/L 的油田水主要分布在宝南区块及宝中区块南部, 水型为 NaHCO_3 型; 矿化度 30~40 g/L 的油田水主要分布在宝中区块, 水型有 NaHCO_3 和 CaCl_2 型两种; 矿化度大于 40 g/L 的油田水主要分布在宝北区块和宝中区块北部, 水型主要为 CaCl_2 型。

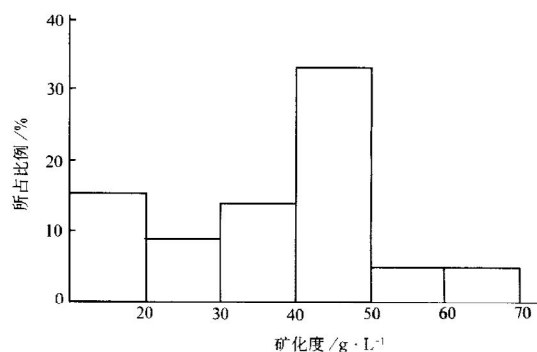


图 1 焉耆盆地油田水矿化度概率分布

Fig. 1 Probabilistic distribution diagram of oil field water mineralization in Yanqi basin

纵向上, 除宝中区块外, 其余地区均表现为随深度增加油田水的钠氯系数及脱氯系数减小, 变质系数和钙镁系数增大, 呈正向水化学剖面特征。

2 组分

2.1 有机质含量

焉耆盆地油田水的有机质含量普遍较低, 由 21 个样品分析可知(表 1), 含量多在 $0.7 \times 10^{-6} \sim 37.8 \times 10^{-6}$, 60% 以上的样品含量在 2×10^{-6} 以下

(图 2), 其组成碳数多分布在 $C_5 \sim C_{16}$ 之间。根据吸附丝色质分析可将油田水分成 4 种类型: I 类为多碳富有机质类型油田水, 有机质含量较丰富, 且以中低碳数($C_7 \sim C_{11}$)特别是正构烷烃为主, 宝 208 井水样即是此种类型; II类是以低碳数为主的富有机质类型油田水, 有机质含量较高, 碳数分布主要在 $C_6 \sim C_9$ 之间, 且以异构化合物为主, 如宝南区块宝 3 井 3 154.7~ 3 169.6 m 井段水样; III类是以中低碳数为主的贫有机质类型油田水, 有机质含量多在 2×10^{-6} 以下, 其碳数主要分布在 $C_8 \sim C_{11}$ 之间, 以正构烷烃和苯的同系物为主, 如宝 301 井和博南 1 井的油田水即是此类; IV类为高碳数为主的贫有机质类型油田水, 有机质含量多在 1×10^{-6} 以下, 碳数分布在 $C_{11} \sim C_{16}$ 之间, 种马场构造带上的马 2 井水样属此类。

表 1 焉耆盆地油田水取样情况表

Table 1 Sampling table for oil field water in Yanqi basin

样品编号	井号	井深 1 / m	井深 2 / m	试油结果
1	宝 208	3 126.7	3 145.2	含油水层
2	宝 208	2 797.5	2 841.6	同层
3	马 2	2 097.5	2 120.8	含气水层
4	宝 5- 12	2 319.7	2 362	水层
5	宝 205	2 461.1	2 467	干层
6	宝 301	3 442.15	3 472.2	含油水层
7	宝 301	2 987.8	3 008.3	水层
8	博南 1	3 239.6	3 257.3	同层
9	宝 3	3 154.7	3 169.6	油层
10	图 1	2 547.1	2 570	油层
11	图 1	2 547.1	2 570	油层
12	图 1	2 547.1	2 570	油层
13	宝 202	2 599.4	2 613.3	油层
14	宝 202	2 599.4	2 613.3	油层
15	宝 201	2 537.9	2 590	凝析气层
16	宝 201	2 537.9	2 590	同层
17	宝 105	2 244.3	2 254.3	同层
18	宝 102	2 406	2 429	同层
19	宝 3	3 322.1	3 348.3	干层
20	宝 4- 10	2 346.6	2 368	同层
21	马 1	1 506.6	1 522.3	干层

距油气藏远近以及与油气藏保存条件有密切关系。有机质含量大于 3×10^{-6} , 试油结果多为油层或凝析气层; 有机质含量为 $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$, 在宝中、宝北区块为低产同层, 种马场、本布图、博南、宝南 4 区块一般为水层或干层; 有机质含量 1×10^{-6} 以下者, 均为水层或干层, 水中化合物种类也较少(图 2, 表 1)。

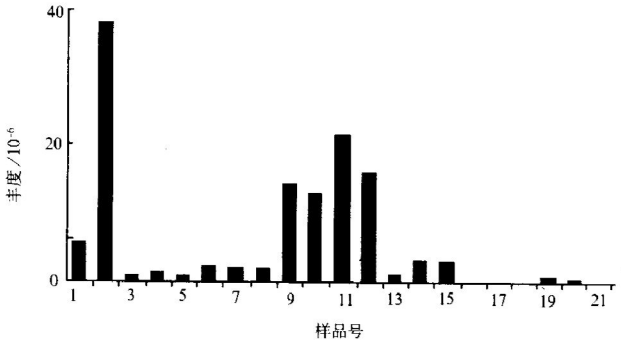


图 2 焉耆盆地油田水有机质含量分布

Fig. 2 Distribution diagram Showing organic matter content of oilfield water in Yanqi basin

2.2 有机酸

焉耆盆地油田水中低碳脂肪酸的含量很高, 比邻近盆地高 5~ 20 倍, 为 $2\,546.88 \times 10^{-6} \sim 5\,148.03 \times 10^{-6}$ (图 3), 且以正构脂肪酸为主, 异构

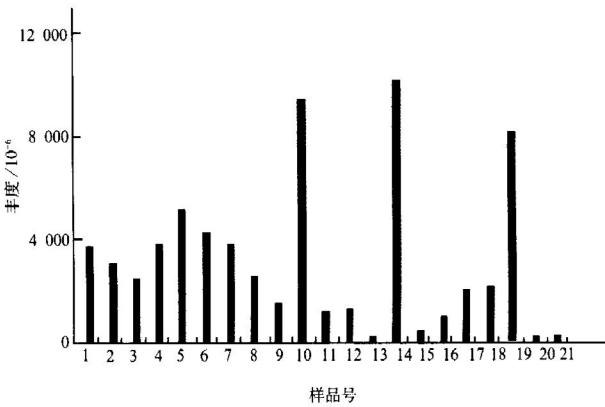


图 3 焉耆盆地油田水有机酸含量分布

Fig. 3 Distribution diagram showing organic acid content of Oilfield water in Yanqi basin

脂肪酸含量大多小于 20×10^{-6} 。产油层油田水和非产油层油田水有机酸含量差异较小, 均在 $2\,000 \times 10^{-6}$ 以上。只有三甲基乙酸含量有区别, 即在含油的油田水中大于 5×10^{-6} , 而在干层或水层中只有 $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$ 。低碳脂肪酸在随油相或水相运移过程中, 通过碳酸盐和铝硅酸盐矿物时将其部分溶解产生次生孔隙, 极大地改善了储层的孔渗性。从焉耆盆地储层特征看, 次生孔隙是油

焉耆盆地油田水有机质含量与储层的含油性、

气主要储集空间。溶解作用增加的孔隙度一般为 $2.0\% \sim 4.85\%$, 以三工河组最为发育。另外, 这些有机酸的溶解组分控制油田水的 pH 值和缓冲能力, 在石油生成过程中, 通过脱羧作用产生 CO_2 , 而 CO_2 与次生孔隙有密切关系。焉耆盆地有机酸浓度相对较高, 与盆地烃源岩正处于生烃高峰有关。另一个原因可能是生成的油气运移距离较短。

2.3 酚

焉耆盆地油田水酚的含量为 $0.12 \times 10^{-6} \sim 4.63 \times 10^{-6}$ 。酚含量小于 0.5×10^{-6} 的样品, 试油结果是水层和干层, 如马 2 井 2 097.5~2 120.8 m 和宝 3 井 3 322.1~3 348.3 m; 酚含量在 $0.5 \times 10^{-6} \sim 0.9 \times 10^{-6}$ 时, 试油多为水层、干层或含水层; 而酚含量在 $0.9 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$ 时, 除宝 102 井 2 406~2 429 m 和宝 301 井 2 987.2~3 008.3 m 为水层外, 其他均为同层; 酚含量在 2×10^{-6} 以上者, 均为油层或同层。宝 208 井 1, 2 号样酚含量分别为 0.722×10^{-6} 和 0.96×10^{-6} , 说明 2 号样离油气藏更近, 试油证实为油水同层。

通过对油田水酚含量与吸附丝有机质含量的研究(图 4), 宝南区块宝 3 井 9 号样酚含量 0.7×10^{-6} , 按该项指标判定应为水层, 但吸附丝有机质含量达 15×10^{-6} , 物上气总烃含量也很高, 又与典型的油层无异, 试油结果出了少量原油和地层水, 综合判定该样所处层为油水同层, 推测宝 3 井钻在了油水边界上。

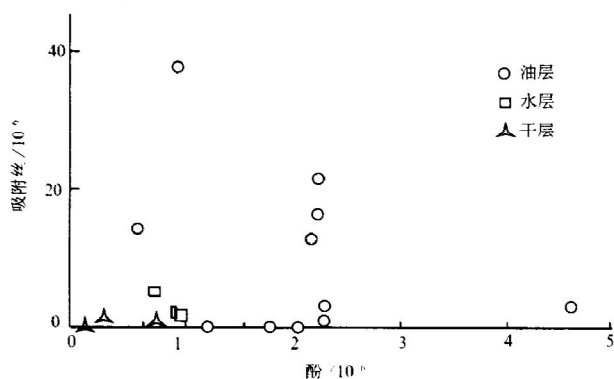


图 4 焉耆盆地油田水有机质与酚含量关系

Fig. 4 Correlation diagram of organic matter content and acid content in Yanqi basin

3 油田水带

根据焉耆盆地油田水地球化学特点, 采用塔里木盆地的油田水划分标准, 划分出 4 个水文地质区带, 即自由交替带、缓慢交替带、阻滞带和停滞带。

(1) 自由交替带主要分布在南部凹陷、种马场浅层、本布图地区和库木布拉克一带。地层水以 NaHCO_3 型为主, 总矿化度一般小于 14 g/L , 大多为 $5.6 \sim 10 \text{ g/L}$, 变质系数小于 0, 脱硫系数小于 5, 钠氯系数一般大于 1.5。此区带紧邻盆地边缘, 上侏罗统不同程度遭受剥蚀, 大断裂发育, 多为开启性地层, 可能只有残留型油气藏存在。

(2) 缓慢交替区带主要分布在宝中区块、宝南区块和本布图、种马场深层。水型以 NaHCO_3 型为主, 少量 CaCl_2 型, 总矿化度一般小于 40 g/L 。其中宝中区块矿化度相对较高, 一般为 $30 \sim 40 \text{ g/L}$, 宝南区块只有 $20 \sim 30 \text{ g/L}$ 。宝中区块脱硫系数一般在 $0.3 \sim 2.7$, 仅个别大于 3, 表明地层处于较封闭的环境。宝南区块脱硫系数较大, 一般在 $5.8 \sim 49.5$, 个别小于 3, 说明宝南区块大多为开启环境, 只有局部层段较封闭。种马场构造带上的马 1 井脱硫系数大于 9.8, 地层越浅, 比值越大, 油气保存条件越差。本布图区块的缓慢交替区带主要是在八道湾组, 其钠氯系数为 1.2, 脱硫系数小于 0.4, 证实该区块深部保存条件优于上部。

(3) 阻滞带分布于缓慢交替区带的内侧, 主要分布在宝北区块, 断裂不很发育, 地层水与岩石交替困难, 只有微弱活动, 水型均为 CaCl_2 型, 矿化度高, 一般大于 40 g/L , 变质系数大于 2, 钠氯系数多在 $0.9 \sim 1.0$, 脱硫系数 $0.4 \sim 1.5$ 。这一地区是盆地封闭性的泄水区, 有利于油气的大量运移聚集和保存。推测北部斜坡区水文地质条件与宝北类同。

(4) 停滞区带目前未见, 推测分布于盆地中央深埋区, 如四十里城和七里铺向斜, 层位上主要以深层系八道湾组为主, 部分三工河组。

结合盆地水文地质条件(水文地质区带、水动力特征、水化学特征)和石油地质条件(油源岩关系、圈闭发育特点、断裂发育特点), 对焉耆盆地进行综合评价(图 5)。宝浪苏木构造带宝北区块和宝中区块, 矿化度高, CaCl_2 型水, 处于水文阻滞带, 地层水有微弱活动, 保存条件好, 近油源且构造发育, 有利油气聚集, 属于 I 类区; 本布图构造带、焉南带、种马场北断阶带、南部凹陷为 II 类区, 水文地质分带为缓慢交替和自由交替区, 有油气运移聚集, 但有部分被破坏, 仍然可以形成油藏; 种马场构造带、库代力克构造带和库木布拉克中生界浅埋区, 地层抬升高, 剥蚀严重, 为自由交替带, 保存条件差, 只有深部为缓慢交替带, 保存条件稍好, 评价

为 II 类区; 四十里城、七里铺和三棵树 3 个向斜, 由于目的层埋藏深, 缺少资料, 难于评价, 也归为 II 类区(图 5)。

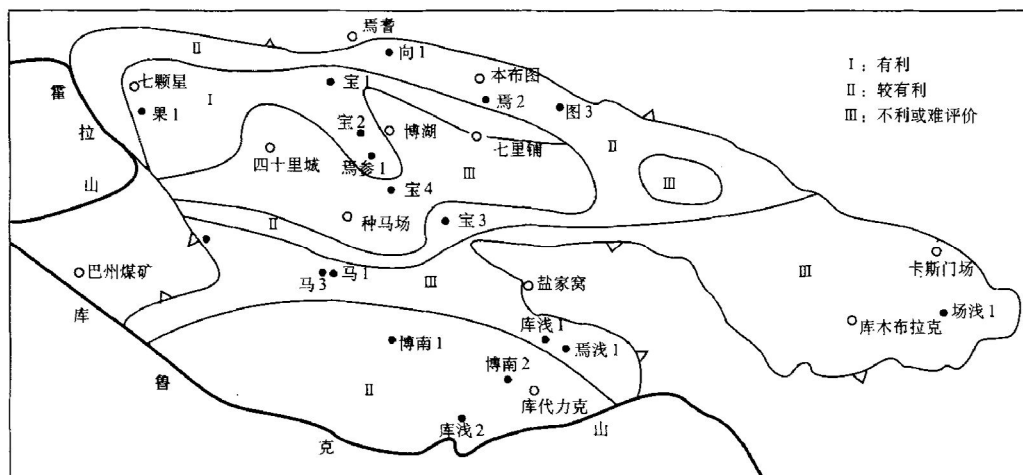


图 5 焉耆盆地侏罗系油气运聚水文地质条件综合评价图

Fig. 5 Comprehensive assessment map of hydrogeologic conditions for oil and gas migration and accumulation in the Jurassic in Yanqi basin

4 结论

(1) 焉耆盆地油田水主要有 CaCl_2 和 NaHCO_3 两种类型, CaCl_2 型水主要分布在宝浪苏木构造带的宝北区块和宝中区块的北部地区, 在种马场构造带的八道湾组也可见有 CaCl_2 型水;

(2) 自盆地边缘向盆地中心, 从南向北, 油田水矿化度逐渐增高, $r\text{Ca}/r\text{Mg}$, $r(\text{Cl}-\text{Na})/r\text{Mg}$ 逐渐减小, 证明越向盆地中心, 越向北, 地层的封闭性与变

质程度越高, 油气保存条件越好;

(3) 焉耆盆地油田水已证实有自由交替、缓慢交替、阻滞 3 个水文地质区带, 推测凹陷中心存在停滞区带, 根据水文地质条件判断, 宝北区块及宝中区块北段保存条件最好, 宝中区块南段和宝南区块较好, 种马场、博南、本布图三工河组保存条件较差, 八道湾组稍好, 宝中东块下盘的八道湾组比中块上盘的保存条件差。

RELATIONSHIP BETWEEN OIL FIELD WATER AND OIL & GAS POOL IN YANQI BASIN

Yuan Zhengwen¹ Quan Shujin² Qiao Guilin

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi, 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Henan Oil Field Company, Nanyang, Henan)

Abstract: There are two kinds of oil field water (CaCl_2 and NaHCO_3) in Yanqi basin, the water mineralization is 5.5~73.2/1, presenting in forward water chemical section character with apparent zoning. CaCl_2 type is mainly distributed in northern area of Baobei block, in Baolang Sumu structural belt, whereas NaHCO_3 is chiefly distributed in the blocks of Baonan, Benbutu, Zhongmachang as well as some areas of Baozhong block. Organic matter abundance in oil field water is lower (below 2×10^{-6}) while organic acid content is very high ($2546 \times 10^{-6} \sim 5148 \times 10^{-6}$) and acid content is usually $0.12 \times 10^{-6} \sim 4.63 \times 10^{-6}$. Therefore, it is confirmed that there are three hydro-geologic belts in the basin namely; free alternative belt, slow alternative belt and hindered belt, and the preserving condition in the north is better than that in the south and central part is better than that in the edge of the basin.

Key words: oil field water; geochemistry; oil-gas pool; zoning; Yanqi basin