

文章编号: 1001- 6112 (2005) 05- 0502- 06

# 塔里木盆地塔河油田水离子组合及参数的平面分布与油气运移

钱一雄<sup>1,2</sup>, 蔡立国<sup>3</sup>, 顾忆<sup>2</sup>

(1. 石油大学 资源与环境学院, 北京 102200; 2. 中国石化 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151; 3. 中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 通过对塔河油田水离子组合及其参数的平面分布图的编制来推断油田水系统的形态、分布, 并根据其参数变化梯度分析了油气运移方向。研究表明: 塔河油区油田水参数的平面分布总体具有南北分块、东西分带的特征; 其中, 塔河 1、2 区三叠系油田水主要呈东西向分布, 而塔河 3、4、6 区具有南北条带状分布, 但东西分异、南部平台区则为近东南- 北东- 西南向分布; 7 区西北部 and 8 区可能呈南北向分布。同时, 油田水分布局部呈洞穴状、桶状和其它不规则孤立或封闭流体系统; 出现水动力相对强或弱的交替带或滞后区带; 其离子及组合参数均指示油气运移的主导方向是自南、西南向北、北东方向。

关键词: 油田水; 平面分布; 离子组合; 油气运移; 塔河油田; 塔里木盆地

中图分类号: TE133. 2

文献标识码: A

油田水化学成分反映了沉积、成岩或成藏中流体—围岩作用的结果, 研究油田水的性质、地球化学特征和平面分布, 对揭示沉积—成岩作用、油气运移、聚集成藏等具有重要的意义<sup>[1-5]</sup>。油田水中存在一系列地球化学指标, 如盐度(矿化度)、常量与微量元素、同位素、非烃的有机酸、苯、酚、酯和酮类等。其大致可分为 3 类: 1) 反映油田水来源特征, 如锶同位素、碳氧同位素、惰性组份(包括溴元素); 2) 沉积环境指标, 如常规组分、微量元素、碳氧同位素和离子组合系数。该系数包括钠氯系数( $rNa^+ / rCl^-$ )、脱硫系数( $rSO_4^{2-} \times 100 / rCl^-$ )、碳酸盐平衡系数( $[rHCO_3^- + rCO_3^{2-}] / rCl^-$ ), 它是地层封闭性、油田水变质程度和活动性的重要指标, 与油气没有直接关系, 属于环境指标; 3) 综合指数, 受含水岩石(围岩)组分的浓度、蒸发、淋滤、交换的溶解—物相反应以及页岩隔膜作用等制约, 包括 Ca、Mg、Li、Na、K、Sr、K/H、Ca/Mg 和 Sr/Ba 等组分, 干酪根降解、生物浓集和有机酸作用形成的各种有机酸、苯、酚、酯和酮类等以及具有油气运移指向意义的总矿化度、Br、I 等。

## 1 塔河油田水基本特征

本次研究采用了塔河油田及邻区 122 口探井和

开发井中的油田水常规资料, 分析批次达 352 次(表 1), 其中, 47 口井次是本项研究分析完成的, 其余均来自西北石油局。

统计表明<sup>[3,4]</sup>: 奥陶系、石炭系、三叠系油田水的矿化度一般可达 100 g/L 以上, 氯离子含量达 70~ 120 g/L, 高者可达 200~ 300 g/L, 上述高矿化度油田水是以  $Na^+ + K^+$  和  $Cl^-$  占绝对优势, 含量分别大于 90% 以上, 决定了油田水矿化度的变化。在常规离子组分中, 阳离子含量为  $Na^+ + K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$ , 钾、钠离子含量一般可达 30~ 40 g/L; 阴离子  $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ ; 脱硫系数( $rSO_4^{2-} \times 100 / rCl^-$ ) 总体表现为随深度而增大的变化趋势, 反映油气保存条件在纵向上以三叠系较好, 而奥陶系相对差一些。油田水  $Cl^- / Br^-$  均大于 300 以上, 由变质渗透水或部分受盐岩影响的沉积水组成。

## 2 塔河油田水主要组分及参数分布

### 2.1 矿化度

油田水的总矿化度是指水中各种离子、分子、化合物的总含量, 一般用在 110 °C 下把水分蒸干所剩残渣的量来计量。矿化度大小取决于: 水力梯度、存在的深度、与露头区距离、可溶化学元素的活性等多种因素。油田水矿化度与钠、镁和锶含量均

收稿日期: 2005- 05- 09; 修订日期: 2005- 08- 02。

作者简介: 钱一雄 (1962—), 男 (汉族), 江苏苏州人, 教授级高级工程师, 在职博士生, 主要从事盆地分析研究工作。

基金项目: 中国石化科技部项目 (P00038)。





或流体局部循环区; 在古地貌图上, 正好对应于兰尔北谷地向南部及东部平台区凸出的指状区。塔河 5 区的 S78 井区、9 区的 S89 井是 (或是) 浓度最低的井区。钙离子浓度相对低的还有塔河 3 区的 S61、TK304<sub>x</sub>, 6 区的 S92-T624、S88-S66-S74 井区和塔河 7 区的 T701 井。其中, S78 井中测得折算日产 68 方水, T701 井含量率上升快, 这从一个侧面也反映了裂隙体系相对发育; 3) 钙离子浓度较高的分布区: 7 区的 T702-T703-S91、S87 井, 6 区的 TK619 井, 4 区的 T414-T436-TK419、TK421、TK423-TK437, 3 区的 TK306-TK316-T314-T204 和 TK312-TK319 井等, 这些井区的渗透性和水动力循环条件可能变差, 部分井区的储层需要酸压改造, 如 S91 井等; 4) 从平面上分析, 水动力交换条件或渗透性低的地区为: 塔河 7 区沿北东向分布的 T703-S91 区, 对应于 T<sub>5</sub><sup>6</sup> (石炭系巴楚组底)、T<sub>7</sub><sup>4</sup> (中上奥陶统底); 塔河 2 区至 3 区北东向的 S87-T204-T314 至北西向的 TK316-TK306 井区, 其钙离子浓度梯度与北东向展布的 T<sub>7</sub><sup>4</sup> (中上奥陶统底) 和 T<sub>8</sub><sup>0</sup> (寒武系) 的埋深等值线十分吻合, 这进一步表明油田水钙离子浓度可以间接反映出水动力学 (势) 场的特征。

### 2. 4 碘元素

油田水中的 I 与 K、B、Ba、Sr、Ga 一样, 均在油田水中高度富集, 一般从海水的平均值 0.05 mg/L 至 NaCl 盐水中的 5 mg/L。由于 I<sup>-</sup>、Br<sup>-</sup> 离子易溶于水, 且易被有机质和矿物吸附剂吸附, 其中, 对 I<sup>-</sup> 的吸附又大于 Br<sup>-</sup>; 海水浓缩时, 溶液中的溴离子含量往往大于碘, 且与溶液中的矿化度成正比关系; 原油的密度愈大, 油田水中的碘、钒和溴含量

往往愈大。因此, 原油或油田水中的碘、钒和溴含量可作为有效的运移标志<sup>[2]</sup>。

对塔河油田水中的碘含量分布 (图 3) 进行分析得出: 1) 塔河 1 区除了 S40-S29-S41 井区外, 其余碘浓度为 18.3~41.6 mg/L, 且从东南向西北递减, 代表可能的油气运移方向; 塔河 2 区除 TK202H (21.5 mg/L) 外, 其余均小于 6.5 mg/L; 2) 从塔河 7 区的 T705-S76-T701-S87 井区至塔河 4 区以南的 S91-T702-T703-S79 井区, 碘含量也同样呈现出自东南向西北的递减。上述变化趋势的原因可能是: 围岩性质或吸附效应; 矿化度大小影响; 运移效应, 由于上述油田水均赋存于奥陶系碳酸盐岩孔-洞-缝储集体中, 围岩性质和含有机质吸附效应对油田水中的碘含量影响大致相同, 而矿化度变化趋势则相反, 因此, 油田水中碘含量差异可能主要受油气运移的影响。相类似地, 塔河 6 区东侧、4 区南侧和 3 区同样具有自东南、南向北油田水碘含量减小的变化趋势, 塔河 4 区的北侧则相反, TK418-TK429-TK423<sub>x</sub> 平均碘含量为 11.0 mg/L, 向南至 TK402-TK404 井区, 平均碘含量递减为 4.5 mg/L, 但主体仍反映出自南向北的液体运移途径; 3) 塔河 6 区西部 S85、S92、T624 的碘含量 (8.8, 17.5, 11.8 mg/L) 与油田水的矿化度值 (169, 83, 117 g/L) 变化呈复杂的对应关系, 可能是受局部围岩性质、有机质含量及吸附等等因素影响。上述碘含量的平面差异又进一步表明塔河油田水呈不规则的孤立流体体系分布, 赋存单元大小不一、形状多样和连通性复杂; 4) 塔河 9 区的 S69 井的碘含量为 200 mg/L (> 120 mg/L), 已具备工业开采价值。

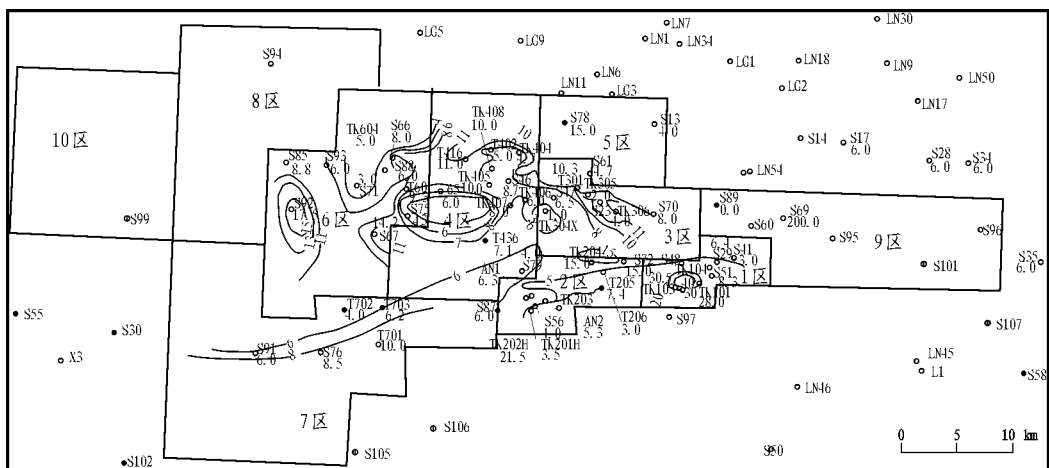


图 3 塔河油区油田水中碘浓度分布图 (单位: mg/L, 1、2 区主要为三叠系, 其余为奥陶系)

Fig. 3 Distribution of present formation water Iodine content in the Tahe oilfield, the Tarim Basin



洞穴状、桶状和其它不规则孤立或封闭流体系统; 同时出现水动力相对强或弱的交替带或滞后带区。塔河油田水的主要组分或离子组合受多种因素的控制, 主要包括古地形(势场)、油田水来源、与围岩的水-岩反应、与暴露区水供给区距离及断裂发育等综合因素。塔河油田水的矿化度、钙离子浓度及碘、溴离子浓度和离子组合变化梯度带均指示油气运移的主导方向是自南、西南向北、北东方向。

#### 参考文献:

- 1 Parnell J. Geofluids: origin, migration and evolution of fluids in sedimentary basins [A]. In The Geological Society, Special Publication No. 78 [M]. London: The Geological Society, 1994, 360~372
- 2 柯林斯 A G. 油田水地球化学 [M]. 林文庄, 王秉忱译. 北京:

- 石油工业出版社, 1984. 1~240
- 3 蔡立国, 钱一雄, 刘光祥等. 塔河油田及邻区地层水成因探讨 [J]. 石油实验地质, 2002, 24 (1): 57~60
  - 4 钱一雄, 蔡立国, 顾忆. 塔里木盆地塔河油区油田水元素组成与形成 [J]. 石油实验地质, 2003, 25 (6): 392~398
  - 5 潘文蕾, 梁舒, 刘光祥等. 地层水中微量有机质分析及应用 [J]. 石油实验地质, 2003, 25 (增): 590~594
  - 6 王铁冠. 塔河油田奥陶系油气藏成藏地球化学研究 [R]. 乌鲁木齐: 中国石化西北分公司研究院, 2003
  - 7 Horita J, Zimmermann H, Holland H D. Chemical evolution of seawater during the Phanerozoic: Implication from the record of marine evaporites [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2002, 66 (21): 3733~3756
  - 8 Worden R H, Coleman M L, Matray J M, et al. Basin scale evolution of formation waters: a diagenetic and formation water study of the Triassic Chaunoy Formation, Paris Basin [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1999, 63 (17): 2513~2528

## ION RELATED PARAMETERS OF FORMATION WATER DISTRIBUTION IN THE TAIHE OILFIELD AND ITS RELATIONSHIP TO PETROLEUM MIGRATION

Qian Yixiong<sup>1,2</sup>, Cai Liguang<sup>3</sup>, Gu Yi<sup>2</sup>

- (1. Department of Resource and Environment, University of Petroleum, Beijing 102200, China;  
2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, wuxi, Jiangsu 214151, China;  
3. Research Institute of Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The wide range variation of composition of formation water distributed in the different areas of the Taihe oilfield are likely to represent the different and complex system of fluid. Using the mapping of ion related parameters of formation water distribution in the Taihe oilfield, authors have tried to define forms and boundary of formation water system and determinate the direction of petroleum migration based on the gradient of ion related parameters. It is concluded that the distribution in the Taihe oilfield water shows a distinctly "Block form" along the N-S direction and "Zone form" in the E-W direction, i. e., the Triassic formation water in No. 1 and No. 2 district of the Taihe oilfield is taken shape in E-W direction, and the "Zone form" of distribution of formation water in No. 3, No. 4, No. 6 and No. 8, as well as the Northwest part of No. 7 are significantly present in the N-S direction with different variation tendency along theirs E-W wing, while the Southern platform in the Taihe oilfield suggests that variation of distribution from southeast to northeast and southwest. Besides, the distribution of formation water is locally present as isolated and closed fluid flow system in the shapes similar to cavern, barrel and other irregular forms, and it also have been found there are either intermediated zone between weak and strong water-flow movement or stagnate zone, the direction of petroleum migration is mainly interpreted as controlled from south or southwest to north or northwest in the Taihe oilfield in terms of the major ion concentration and its combined parameters.

**Key words:** formation water; distribution; ion combined parameters; petroleum migration; the Taihe oil field; the Tarim Basin