

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^{1,2}, 蔡立国³, 顾忆²

(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^[1-5]。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^[3,4]: 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)。

表1 塔河油田水分析样品数量分布统计

Table 1 Statistic of sampling of formation water in the Taihe oilfield, the Tarim Basin

分区	产层	井位与分析样品数	井数/口	样品数/个
1	T	S29、S40 (3)、S41 (4)、S51 (2)、TK101 (2)、TK103 (3)、TK104 (3)、TK105 (2)、TK107	12	26
	O	S60、S69 (3)、S89 (2)		
2	T	S56 (4)、AN1 (4)、AN2 (3)、TK201H (3)、TK202H (2)、TK203 (10)、TK105 (2)、TK107	12	52
	C	S72 (2)		
	O	T204 (3)、T205 (17)、T206		
3	O	S23 (2)、S47 (2)、S61、S70 (2)、T301 (4)、T302 (3)、TK304X、TK305~306、TK307 (3)、TK308 (4)、TK309 (2)、TK310 (2)、TK311 (4)、TK312、TK314 (23)、TK316、TK319	18	68
4	O	S48 (3)、S65、S79 (2)、T402~403、T416、T436 (11)、TK404~407、TK408 (2)、TK411 (2)、TK412、TK413 (4)、TK414 (22)、TK418、TK419 (7)、TK421~422、TK423X (6)、TK426、TK428 (4)、TK429、TK432 (3)	25	79
5	O	S73、S78	2	2
6	C	S75 (3)	21	51
	O	S66~67 (3)、S71、S74 (3)、S85 (5)、S88 (2)、S92~93、T601 (3)、TK604 (3)、TK608~609、TK611、T615 (3)、TK619 (4)、TK621 (9)、TK622、TK624 (6)、TK628~629		
7	O	S76 (7)、S87 (17)、S91 (2)、T701 (3)、T702 (5)、T703 (9)	6	43
9	O	S95	1	1
邻区	T	DK1~5、DK7~15、DK17、YK1~2、AK2~3、S17、S22、S28、S34~35	25	30
	O	S83 (6)		
合 计			122	352

呈正相关, 而与钙、溴及硫酸根离子相关性不大^[2]。

塔河油田中油田水的高矿化度 (> 200 g/L) 分布在: 塔河 1、2 区 (T), 塔河 3 区的 S23-S309-T314、T312-S47-T314, 塔河 4 区的 TK407-TK419-T436-T414、TK418-T402-TK429-TK426、T412-TK408-TK411、T406-TK431-T432-S65, 塔河 6 区的 TK609-T601-TK619-TK622-S75-TK611 以及 7 区的 S91 井附近、阿克

库勒的 S7-S28-S34 等井区; 而相对中低矿化度 (< 150 g/L) 分布在: 塔河 2 区 S72-T204 (C-O), 3 区 S61 井, 5 区 S78 井, 6 区的 TK604、S92-T624, 7 区 T701 井附近以及 9 区的 S89 井; 介于两者之间的 (150~200 g/L) 有塔河 4 区 TK428、TK422, 6 区 TK608-S88、S85 和塔河 7 区 S76-S79 等井区 (图 1)。

矿化度的平面分布与变化主要与以下几方面的

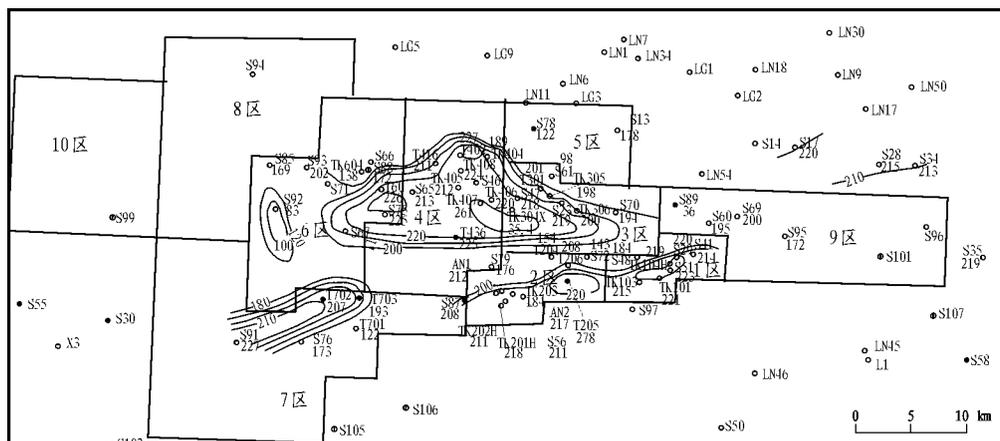


图 1 塔河油区油田水矿化度分布图 (单位: g/L, 1、2 区主要为三叠系, 其余为奥陶系)

Fig. 1 Distribution of present formation water mineralization in the Taihe oilfield, the Tarim Basin

2. 5 溴元素

溴主要与有机物含量有关，在油田水分布变化趋势中，既存在 Br⁻ 和 I⁻ 同时富集或亏损的情况，前者如塔河 2 区北部的 T204 井区、塔河 1 区南部、塔河 4 区的 S48- TK426 井区、塔河 3 区的 TK311 井区，后者如塔河 7 区的 S91 井区、塔河 1 区的 S40- S29- S41 井区、塔河 9 区的 S89 井区、塔河 3 区的 TK306- TK316 井区、塔河 4 区的 T403 井区和塔河 5 区的 S73 井区，但同时也存在变化相反的情形，如塔河 6 区的 S92 井区、塔河 2 区的 S72 井区和塔河 4 区的 TK422、TK429 井区。

塔河油田水的溴平均含量平面变化类似于碘含量的变化，具有：1) 沿石炭系巴楚组膏盐尖灭线以北，即塔河 1、2 区的溴含量向西北方向递减，但其西侧相反；2) 塔河 3 区呈向北西向 (TK311 - S47- TK308 井区) 递减，塔河 4 区、6 区近南北向的 TK407- S48- TK429 井区、S74- TK608 - TK609 井区，溴含量由北向南递减，这与其矿化度变化相一致。总之，油田水中的溴含量既有与原油运移相似的特征，但同时受沉积环境或海水蒸发引起的古盐度变化等多因素控制。

2. 6 脱硫系数 ($rSO_4^{2-} \times 100/rCl^-$)

一般认为，脱硫系数能较好地反映出 Cl⁻- Ca 和 HCO₃⁻- Na 型油田水的保存条件。对塔河油田水的 $rSO_4^{2-} \times 100/rCl^-$ 比值平面变化 (图 4) 分析得出：1) 除了塔河 2 区的 S72 (1. 41)，3 区的 TK304x (2. 67)、TK308 (1. 58)，4 区的 T403 (75. 3)、TK428 (1. 43)，5 区的 S73 (1. 03) 和 6 区的 T624 (2. 52) 等井区外，塔河油区的其它井区的脱硫系数均小于 1. 00，说明塔河油田水

整体保存条件良好；2) 塔河 1 区和 2 区的北缘 S40 (0. 66) - S72 (1. 41) - T204 (0. 38) - S79 (0. 36) 井区、3 区西北缘的 S61 (0. 62) - TK308 (1. 58) 井区、4 区东北缘的 TK423x (0. 34) - TK422 (0. 50) - TK418 (0. 32) 井区一线保存条件变化较大且有向北变差的趋势；3) 从塔河 6 区的 S74 (0. 62) - TK612 (0. 50) 井区和塔河 7 区近南北向的 T701 (0. 79) - T703 (0. 55) - T615 (0. 51) - S67 (0. 98) - S71 (0. 40) 井区以及 6 区西侧的 T624 (2. 52，可能受污染) - S92 (0. 44) - S85 (0. 32) 井区的变化来看，保存条件向北有所改善，其原因为：可能存在细菌还原作用、位于相对高部位或表生淋滤或地层水活跃的潜流带^{7,8)}，局部出现高异常的井区，仍反映保存条件稍差；另一可能是油田水经膏盐层 (石盐、硬石膏) 淋溶作用的结果；在低部位或深埋藏条件下的烃类热化学硫酸盐还原作用，致使有机酸较高，目前在油田水中已检测出溶解的 H₂S 气体，同时，在奥陶系碳酸盐岩储层中出现流体包裹体均一温度超过 180℃；4) 塔河 5 区的 S78- S73 井区一线保存条件较差。

3 结论

塔河油区油田水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- 南西向分布；7 区西北部和 8 区可能呈南北向分布。在上述平面分布的背景下，局部呈

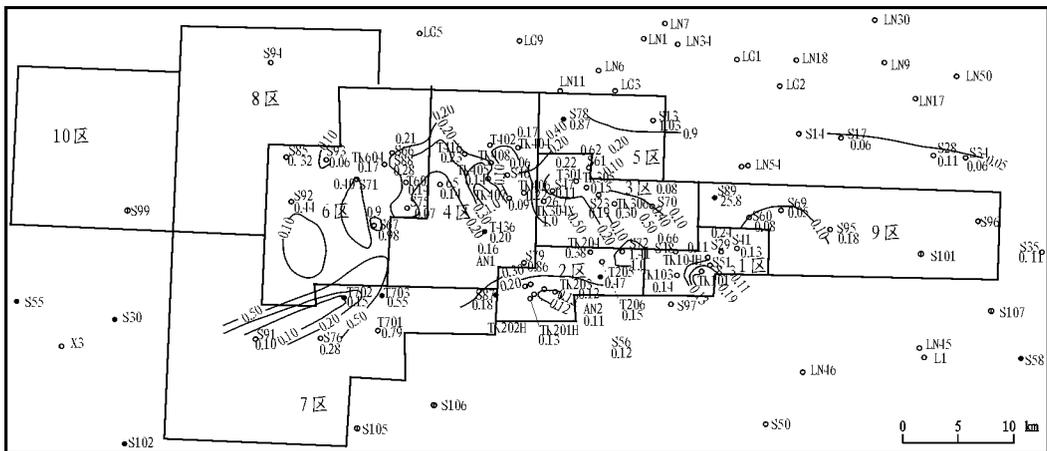


图 4 塔河油区油田水中脱硫系数 ($rSO_4^{2-} \times 100/rCl^-$) 分布图 (1、2 区主要为三叠系，其余为奥陶系)

Fig. 4 Distribution of present formation water Ion- related coefficient ($rSO_4^{2-} \times 100/rCl^-$) 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^{1,2}, Cai Liguang³, Gu Yi²

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