

# 泌阳凹陷油田水地球化学特征 及其与油气的关系

汪义先\*

(石油工业部河南石油会战指挥部)

南襄盆地是我国近期发现的一个中新代陆相含油气盆地。泌阳凹陷是南襄盆地的四个凹陷之一,位于盆地的东北部,是盆地中面积最小、断陷最深和含油最富的一个凹陷。近几年的油气勘探中,我们取得了925个油田水样资料,经初步分析研究,发现凹陷油田水地球化学特征与油气的分布有着十分密切的关系。本文就此进行初步探讨。

## 一、地球化学特征

### 1. 水化学特征

泌阳凹陷油田水具有中—低矿化度为显著特征,矿化度下限可低至0.55克/升。各项离子含量变化趋势如下:

(1) 阳离子组合基本保持 $Na > Ca > Mg$ 的关系。它们的含量均随矿物度的升高而增长,其中钠离子尤为突出。钠离子含量与矿化度( $\Sigma$ )的统计线性关系显著,其回归方程为:

$$\lg(Na^+ + K^+) = -0.645 + 1.045 \lg \Sigma$$

相关系数为  $\gamma = 0.9979$

(2) 阴离子组合的变化有这样一个变化趋势,矿化度由低向高发展时,氯离子含量由低至高富集,逐步超越碳酸根、硫酸根而跃居首位。

(3) 油田水脱硫系数( $SO_4^{2-} \times 100 / Cl$ )变化很大(2.5—1319)。这个系数不宜对油气藏封闭条件的好坏进行定量评价,至目前为止,凹陷内尚未发现明显的脱硫作用,甚至油气藏附近的油田水也没有明显的硫化氢存在。硫酸根含量不随矿化度的升高而降低,相反,而逐步富集。

### 2. 低矿化油田水与地表水的区别

凹陷内油田水以中—低矿化度为显著特征,特别是低矿化油田水,矿化度一般为

\*参加工作的有李引凤、谭璠水等同志。

1.01—1.35克/升, 最低为0.55克/升, 接近于地表淡水。虽然如此, 但根据其PH值及离子组合等特征, 低矿化油田水仍具有它自己的特征, 与地表淡水有着显著的差别。据表1、图1所示, 主要区别如下:

(1) 矿化度: 低矿化油田水一般大于0.55克/升, 地表水一般小于0.55克/升;

(2) PH值: 低矿化油田水一般大于7, 地表淡水一般小于7;

(3) 离子组合: 阳离子组成低矿化油田水以的钠离子为主 ( $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ ), 地表淡水以钙离子为主 ( $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ \text{Mg}^{2+}$ ); 阴离子主要区别于次一级的离子, 低矿化油田水  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ , 地表水  $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ 。

低矿化油田水与地表淡水对比表

表 1

| 水样   | 数<br>值 | 离子含量 (毫克/升)                |                  |                  |               |                    |                  | 矿化度   | PH值       | 水样数     |                    |
|------|--------|----------------------------|------------------|------------------|---------------|--------------------|------------------|-------|-----------|---------|--------------------|
|      |        | $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{HCO}_3^-$ |       |           |         | $\text{CO}_3^{2-}$ |
| 地表淡水 | 最大     | 47                         | 69               | 21               | 87            | 67                 | 289              | 0     | 0.49      | 7.48    | 11                 |
|      | 最小     | 5                          | 22               | 5                | 8             | 7                  | 87               | 0     | 0.15      | 6.10    |                    |
|      | 一般     | 13—25                      | 26—43            | 7—12             | 13—20         | 9—23               | 106—178          | 0     | 0.17—0.28 | 6.60    |                    |
| 低油田水 | 最大     | 639                        | 17               | 7                | 68            | 675                | 1086             | 81    | 1.85      | 9.5     | 10                 |
|      | 最小     | 169                        | 3                | 1                | 26            | 29                 | 143              | 0     | 0.55      | 7.3     |                    |
|      | 一般     | 313—410                    | 8—14             | 2—4              | 44—61         | 239—531            | 174—816          | 19—31 | 1.01—1.35 | 7.8—8.9 |                    |

(矿化度为克/升)

### 3. 水化学类型

前面所述, 凹陷内油田水化学特征主要表现在阳离子组合基本保持  $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$  的关系, 阴离子组合随矿化度的变化而变化。因此, 本区油田水化学分类, 主要依据矿化度的大小和阴离子含量的变化进行阶乘排列分类。同时, 分类中也参考了  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  的含量、 $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$  比值等参数。

按此分类, 可将本区中、低矿化油田水划分为四类12型(表2)。这12种水型中, 矿化度为4—29克/升, 氯离子含量占首位的三种水型划为A类; 矿化度为2—4克/升, 氯离子含量占次要地位的三种水型归为B类; 矿化度为1—2克/升, 氯离子含量占第三位的三种水型归为C类; 矿化度为0.5—1.0克/升, 不含氯离子的三种水型归为D类。另外, 每种水型按各离子含量的多少, 自左而右递增顺序排列组合。例如:  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$  写成  $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{HCO}_3$  或写成A—1型。图2是本区水化学类型与矿化度关系图, 一方面反映离子组合与矿化度的密切关系, 另一方面说明A—1、B—6、C—8、C—9、D—11、D—12等水型出现频率较高, 构成了本区油田水化学的主要类型。

## 二、水文地质分区和演化及其与油气的关系

### 1. 水文地质分区(带)

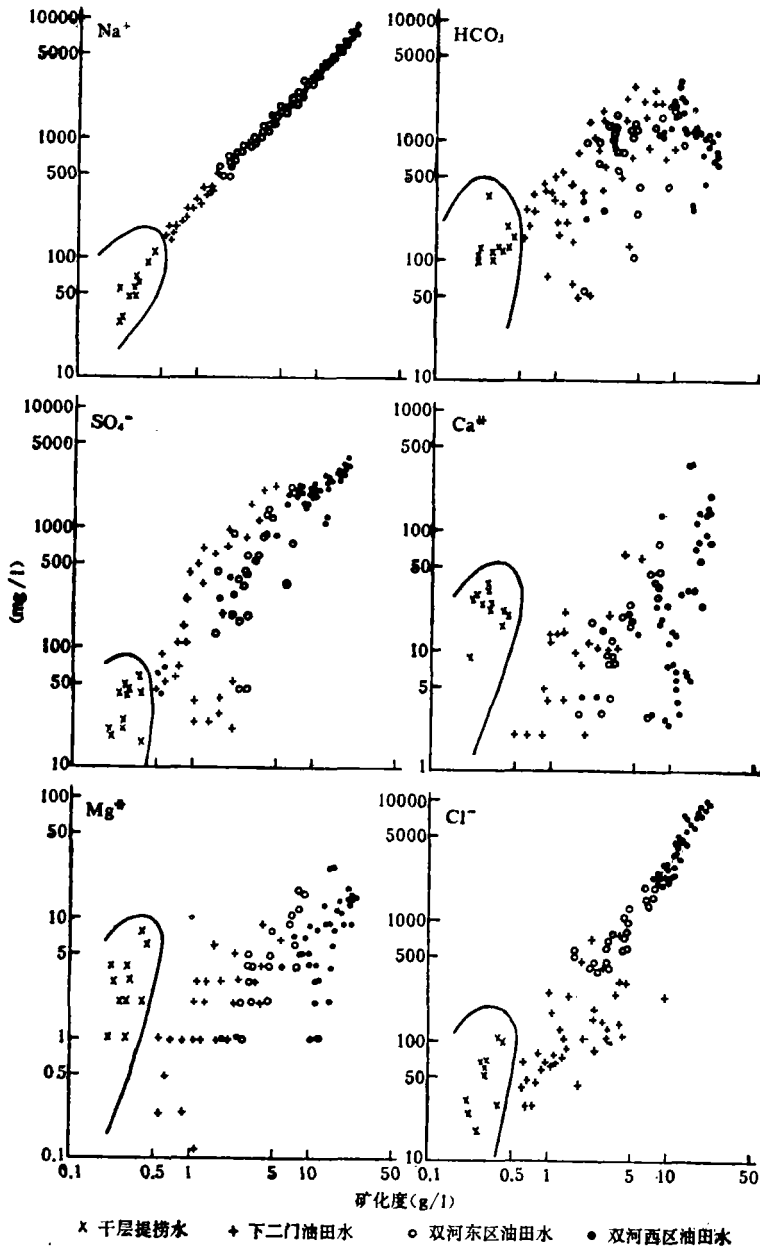


图1 油田水与地表淡水区分图

含油气盆地不仅控制着油气的形成、运移和聚集，同时也控制着含水层系的埋藏和分布，形成一些与油气相联系的水文地质区（带）。根据本区油田水地球化学特征，可将本区油田水划分为交替活跃、交替缓慢、交替阻滞三个区带。（图3）

I、交替活跃区（带）

此区带与地表水、大气降水联系密切。部分层系暴露于地表，直接受大气降水的补

泌阳凹陷油田水分类表

表 2

| 类 型 | 阴离子含量排列 | Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup><br>含 量<br>(毫克/升)    | 矿化度<br>(克/升) | Cl <sup>-</sup><br>SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | Na/Cl       | 微量元素含量<br>(毫克/升)           |
|-----|---------|--|--------------|--|-------------|----------------------------|
|     |         |  |              |  |             |                            |
| D   | 12      | HCO <sub>3</sub> - CO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub> | 150~300      | 0.5~1  |             |                            |
|     | 11      | HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub> - CO <sub>3</sub> |              |  |             |                            |
|     | 10      | SO <sub>4</sub> - HCO <sub>3</sub> - CO <sub>3</sub> |              |  |             |                            |
| C   | 9       | SO <sub>4</sub> - HCO <sub>3</sub> - Cl              | 300~650      | 1~2  | 0.053~0.64  | 硼:<br>27~45<br>碘:<br>0.4~4 |
|     | 8       | HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub> - Cl              |              |  |             |                            |
|     | 7       | HCO <sub>3</sub> - CO <sub>3</sub> - Cl              |              |  |             |                            |
| B   | 6       | HCO <sub>3</sub> - Cl - CO <sub>3</sub>              | 650~1300     | 2~4  |             |                            |
|     | 5       | HCO <sub>3</sub> - Cl - SO <sub>4</sub>              |              |  |             |                            |
|     | 4       | SO <sub>4</sub> - Cl - HCO <sub>3</sub>              |              |  |             |                            |
| A   | 3       | Cl - HCO <sub>3</sub> - CO <sub>3</sub>              | 1300~10000   | 4~29   | 0.659~4.038 | 硼:<br>61~124<br>碘:<br>4~7  |
|     | 2       | Cl - HCO <sub>3</sub> - SO <sub>4</sub>              |              |  |             |                            |
|     | 1       | Cl - SO <sub>4</sub> - HCO <sub>3</sub>              |              |  |             |                            |

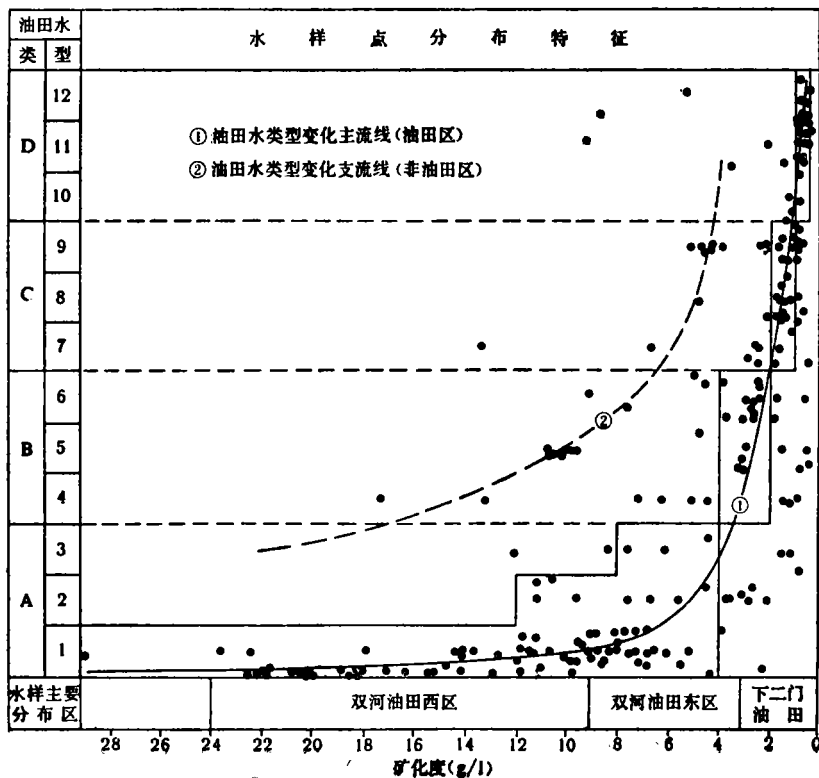


图 2 泌阳凹陷油田水类型与矿化度关系曲线图

给；另一部分紧邻供水区，间接受大气降水影响。矿化度很低，一般0.5—1克/升，钠离子含量150—300毫克/升，氯离子含量在70毫克/升以下。水化学类型以D类为主，其中D—11、D—12型最为常见。 $Na^+ + K^+ / Cl^-$ 比值较大，在6—20之间。不含或含微量的碘、硼，未发现苯、酚存在。含水层纵向埋深一般不超过1200米。

II、交替缓慢区（带）

此区带的交替作用缓慢，原沉积水受大气降水的冲淡作用减弱。相应的矿化度有所升高，一般为1—4克/升，钠离子含量300—1300毫克/升，氯离子含量一般为70—600毫克/升。水化学类型以C—8、C—9型出现的频率最高， $Na^+ + K^+ / Cl^-$ 比值较大，多在1.9—8之间。含少量的碘、硼，矿化度大于2克/升时，可见到少量的苯、酚。埋深一般为1200—1500米，下伏于交替活跃区（带）之下。

III、交替阻滞区（带）

该区带的交替作用进一步减弱，基本上不受大降水的影响。矿化度进一步升高，一般为4—29克/升。钠离子含量一般为1300—9000毫克/升，氯离子含量600—10000毫克/升。水化学类型以A类为主，A—1、A—2型出现频率最高。 $Na^+ + K^+ / Cl^-$ 比值较小，在1.05—2.4之间。碘、硼含量较多，常见有苯、酚。埋深在1500米以下，层位多在核三段，分布于深凹陷区。

2. 水化学演化

含油气盆地发育的不均衡性，地质构造、沉积建造、水文地质条件等的差异，不可避免地循环和储存于凹陷的地下水化学成分必然产生一定的影响。从水化学离子组合和水文地质分区可以看出，泌阳凹陷油田水化学成分的演化有它独立的演化系统（单元）。其特征如下：

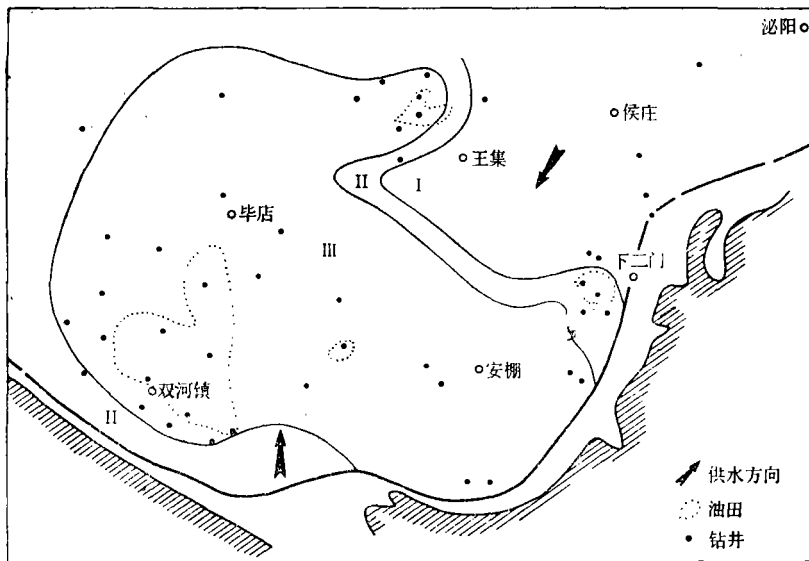


图3 核三上段油田水平面分区图  
I, 交替活跃区 II, 交替缓慢区 III, 交替阻滞区

(1) 矿化度由凹陷边缘向凹陷中心递增，边缘为0.5—1克/升，中心为4—29克/升；

(2) 水化类型由凹陷边缘的复杂类型，向凹陷中心演变为类型比较单一的以氯离子为主的类型。（图2）

这些演化特征与水文地质区（带）特征基本一致。

### 3, 石油地质意义

对比勘探资料, 发现上述水文地质分区与油气分布致为密切相关。据目前资料, 凹陷内已探明油气储量的9.45%均分布在水文地质分区的交替阻滞区, 5.5%分布在交替缓慢区, 交替活跃区目前未见油气聚集(表3)。这就反映了凹陷内油田水的形成、赋存、运移和演化, 与油气的形成、运移、聚集的相互依赖关系; 同时也说明不同水文地质分区, 其水动力条件和水化学环境的差异和影响。

水文地质分区与油气分布关系表 表3

| 层 位     | 油 气 分 布 ( % ) |       |       |
|---------|---------------|-------|-------|
|         | 活 跃 区         | 缓 慢 区 | 阻 滞 区 |
| 核 三 上 段 | 0             | 4.3   | 95.7  |
| 核 三 下 段 | 0             | 1.2   | 38.8  |
| 合 计     | 0             | 5.5   | 94.5  |

交替阻滞区一般圈闭条件较好, 与油气的聚集、储存基本一致。例如凹陷西南大断层下降盘的双河水下冲积扇砂岩体, 随着大断层上盘的不断下沉, 上覆沉积不断超覆叠加, 盖层条件良好, 形成了大面积(95%以上)的水文地质交替阻滞区, 有利于油气的聚集和储存。

另外, 交替阻滞区一般矿化度较高(4—29克/升), 阴离子组合以氯离子为主, 水化学类型A—1、A—2型出现频率较高, 常见苯、酚存在。这些参数对本区油气普查勘探具有重要意义。

本文承毛道善、涂修元同志审阅全文并进行数学计算, 卢培德同志审阅全文提出了宝贵意见, 在此一并致谢。

(收稿日期 1982年4月8日)

### 参 考 文 献

- [1] 张金来, 我国陆相油田水形成的若干水文地球化学作用, 地球化学, 1982年第2期。
- [2] 刘崇禧, 我国油田水的离子组合特征, 地球化学, 1981年第2期。
- [3] 朱永安等, 河南泌阳凹陷的石油地质特征, 石油学报, 第2卷第2期, 1981年。