

# 东海 W 凹陷 Y-1 井油田水文地球化学

张 韪 胡必规

(地质矿产部海洋地质综合研究大队, 上海 200120)

本文主要对东海 W 凹陷 Y-1 井地层水化学资料进行整理和研究分析, 研究其水文地球化学特征及其成因类型, 进而提出运用水化学资料进行地层划分和油气预测。

**关键词** 油田水化学 Y-1 井 东海

**第一作者简介** 张 韪 女 56岁 高级工程师 地球化学

地层水与石油、天然气以及围岩的长期接触过程中, 发生一系列的地球化学变化, 不仅改变了原有地层水的面貌, 而且使地层水中富集了与油气有关的特征组份。所以, 研究地层水文地球化学特征及其与油气的关系, 将具有重要意义。

Y-1 井在东海陆架盆地诸多的石油钻井中, 是取得地层水数量最多的井, 全井从不同地质时代和不同深度的油气测试中, 共取得 8 个测试层段的地层水样。作者对这些采自深部地层的水样进行了系统的实验测试, 并对实验测试资料进行综合整理。

## 一、水文地球化学特征

### 1. 地层水化学分析结果

地层水的化学性质, 取决于盆地的地质构造、沉积地球化学环境, 此外, 还与生物作用、水文地质因素、围岩的性质以及油气的性质有关, 因此, 地层水具有某些特殊的化学性质。现将 Y-1 井自龙井组到平湖组所获得的 8 个不同深度的地层水样的水化学分析资料综合整理列于表 1。将  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $HCO_3^-$  的组合以及矿化度随深度、层位的变化关系绘于图 1。

从表 1 和图 1 中均可见到, 龙井组上段的地层水与龙井组下段、花港组、平湖组的地层水, 无论在各离子的含量方面以及各项特征系数方面均有较大的差异, 存在着一条明显的分界线, 龙井组下段则与花港组、平湖组较为相似。可以清楚地看到, 龙井组上段地层水的钠氯系数皆小于 1, 从龙井组下段开始到平湖组的地层水钠氯系数皆转变成大于 1。变质系数亦发生转折性的变化, 由  $(rCl - rNa)/rMg$  转变为  $(rNa - rCl)/rSO_4$ 。矿化度龙井组上段平均值达 16.135g/l, 而其它三个组段各平均值皆小于 10。地层水中主要离子如  $Ca^{2+}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^-$ 、 $HCO_3^-$  +  $CO_3^{2-}$  的含量范围在龙井组上段与以下三个组段间亦存在着明显的差异(表 2)。

### 2. 地层水的类型

#### (1) 六轴图解法

将 Y-1 井的地层水按不同地质层位作六轴图(图 2)。图中每相邻两根轴线间夹角为  $60^\circ$ ,

每根轴代表一种离子,从中心开始每一圆圈表示离子含量为20个百分当量。将各离子含量(以百分毫克当量数表示)标在相应的轴线上,联结各点构成一多边形,从多边形的形状判断

表1 东海 Y-1井地层水分析结果

层位	编号	百分毫克当量							
		K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
龙井组上段	L <sub>1</sub>	0.85	79.89	18.33	0.93	0.88	97.58	0	1.14
	L <sub>2</sub>	0.85	79.69	18.64	0.84	0.71	98.01	0	1.28
	L <sub>3</sub>	0.97	87.14	11.52	0.37	1.63	96.15	0	2.22
龙井组下段	L <sub>4</sub>	0.55	96.29	2.99	0.17	10.25	74.14	2.42	13.18
	L <sub>5</sub>	0.80	96.59	2.04	0.56	6.55	73.47	2.84	17.14
花港组	H <sub>1</sub>	1.07	95.62	2.42	0.89	10.56	45.89	4.86	38.69
平湖组	P <sub>1</sub>	4.73	93.44	1.83	0	15.23	55.45	0	29.32
	P <sub>2</sub>	1.72	96.74	1.32	0.22	3.32	53.63	0	43.05

层位	编号	百分毫克当量					总矿化度 (g/l)
		脱硫系数 $\frac{rSO_4}{rCl+rSO_4}$	变质系数 $\frac{rNa-rCl}{rSO_4}$	变质系数 $\frac{rCl-rNa}{rMg}$	钠氯系数 $\frac{rNa}{rCl}$	碳酸盐平衡系数 $\frac{rHCO_3+rCO_3}{rSO_4}$	
龙井组上段	L <sub>1</sub>	0.0089		18.10	0.82	1.30	17.403
	L <sub>2</sub>	0.0072		20.40	0.81	1.81	15.436
	L <sub>3</sub>	0.017		21.72	0.91	1.36	15.588
龙井组下段	L <sub>4</sub>	0.12	2.21		1.30	1.52	3.427
	L <sub>5</sub>	0.82	3.65		1.31	3.05	6.501
花港组	H <sub>1</sub>	0.19	4.81		2.08	4.12	8.027
平湖组	P <sub>1</sub>	0.22	2.49		1.69	1.93	14.435
	P <sub>2</sub>	0.062	13.50		1.80	1.30	9.348

\* 此水样混入了少量的泥浆水,其矿化度不宜采用。

出水化学类型。从图2可清楚地看出,龙井组上段的地层水为氯化钙型,从龙井组下段开始转变为重碳酸钠型,花港组与平湖组的地层水均为重碳酸钠型。也就揭示了 Y-1井水化学类型随深度(层位)变化的规律。

(2)成因图表法

B. A. 苏林提出的成因图表法,可以划分水型、水组、水亚组,指示水类及水中包括的主

要盐类,同时表示出水存在的主要天然环境及其形成过程。图3所示,在直角坐标系统上沿坐标纵轴,向上为Cl-Na值,向下为Na-Cl值,沿横轴向右代表Mg值,向左为SO<sub>4</sub>值。所有数值皆用离子的百分毫克当量表示。凡点子落在△OAB中属硫酸钠水型,大陆环境;点子落在△OBC中属于重碳酸钠水型,大陆环境;落在△ODE中属氯化钙水型,深成环境;落在△OEF中属氯化镁水型,海洋环境。

从图3可以看出,Y-1井地层水化学类型分别为:

表2 东海Y-1井地层水各组段的差异

地层	矿化度 g/l	百分毫克当量				变质系数		钠氯系数 $\frac{rNa}{rCl}$
		Ca <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	$\frac{rNa-rCl}{rSO_4}$	$\frac{rCl-rNa}{rMg}$	
龙井组上段	16.135	16.16	1.07	97.25	1.55	20.21		0.85
龙井组下段	4.964	2.52	8.4	73.81	17.79	2.93		1.31
花港组	8.027	2.42	10.56	45.89	43.55	4.81		1.69
平湖组	9.348	1.32	3.32	53.63	43.05	13.50		1.80

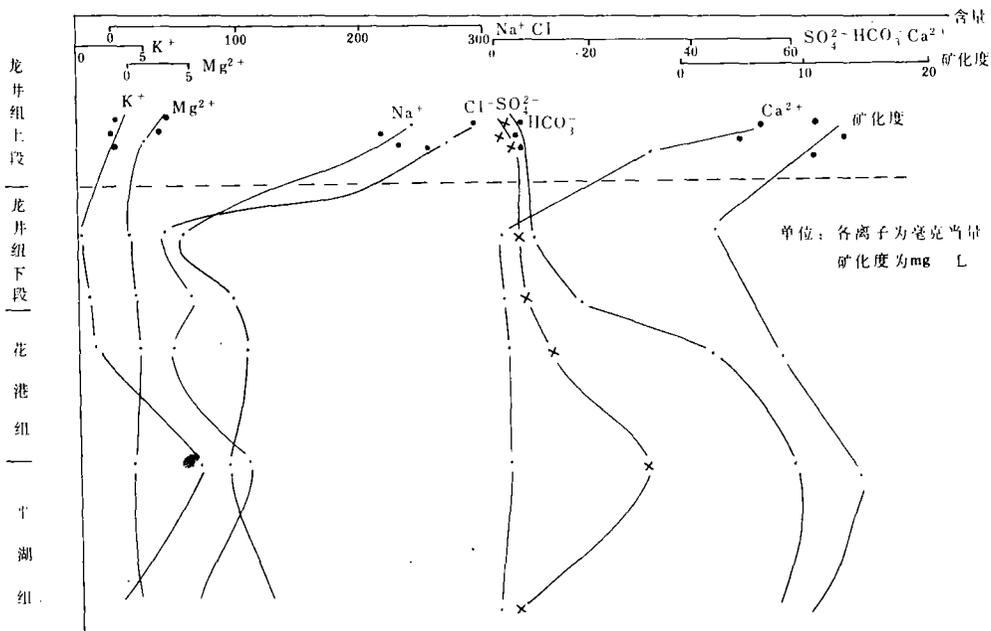


图1 东海Y-1井水化学与层位关系图

龙井组上段地层水的点子落在△ODE中,属氯化钙水型,且又处于△ODE中的20小区内,则表示为氯化物水组钠水亚组,属S<sub>1</sub>水类,S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>A<sub>2</sub>水亚类。碱金属的氯化物(NaCl)占优势,碱土金属的氯化物(CaCl<sub>2</sub>)次之。

龙井组下段、花港组、平湖组地层水,点子全部落在△OBC,故这三个组段的地层水都属碳酸钠水型,况且所有的点子又全部处于△OBC的11小区,则都为氯化物水组钠水亚组,属S<sub>1</sub>水类,S<sub>1</sub>A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>水亚类。碱金属的氯化物(NaCl)占优势,碱金属的重碳酸盐(NaHCO<sub>3</sub>)次之。

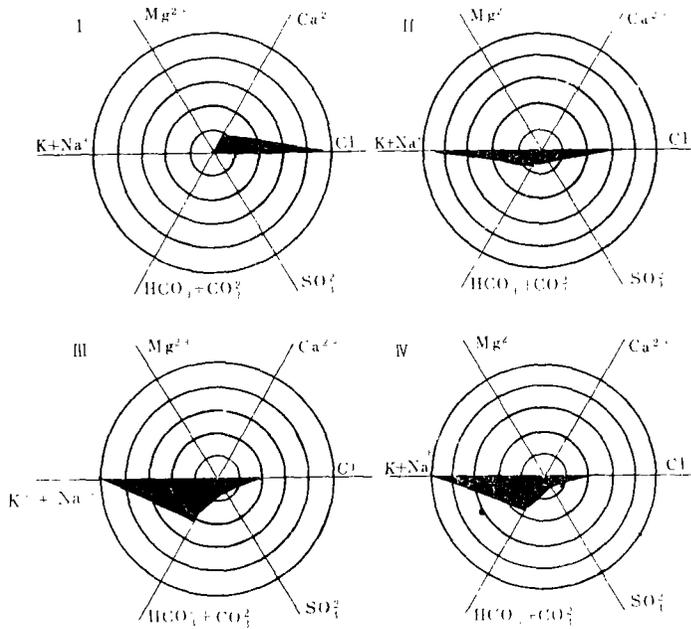


图2 东海Y-1井六轴图解表示各组段的水型及变化

I. 龙井组上段 II. 龙井组下段 III. 花港组 IV. 平湖组

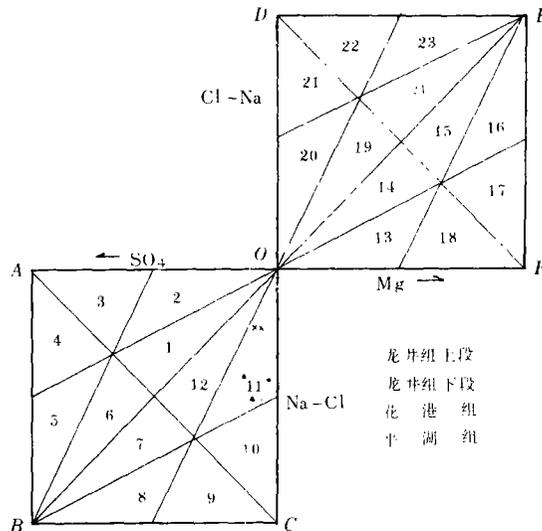


图3 东海Y-1井地层水的水型、水类形成环境图解

还可指出,龙井组上段地层水存在的天然环境为深成环境,在此环境中形成氯化钙型水。龙井组下段、花港组、平湖组的地层水存在的天然环境为大陆环境,大陆水在富含碳酸的情况下,它们淋滤长石岩类,则形成重碳酸钠型水。

## 二、油田水文地球化学特征

众所周知,从生成石油的有机物堆积开始到石油的生成、运移,最后形成油气藏的整个过程中,地下水都在其中起着巨大的作用,从而,地层水与石油有着某种亲缘关系。

### 1. 油田水的化学成分及其成因类型

油田水的化学成分通常是在交替阻滞带或水交替停止带的地质条件下,与油气的长期接触形成的。由于油气本身对水成分的影响,因此,油田水有某些特殊的化学成分。

油田水中以氯化钠的含量最为丰富。目前世界上所发现的油田水的水型绝大多数属氯化钙型和重碳酸钠型,亦有硫酸钠型(胡必规等,1988)。矿化度亦有大致范围,氯化钙型油田水的矿化度一般为10~100g/l,重碳酸钠型油田水的矿化度一般小于10g/l,硫酸钠型油田水的矿化度一般大于100g/l(刘崇禧,1983)。表3中列出了我国一些油气田的油田水化学成分。

表3 我国一些油气田的水化学成分

特征	松辽	华北	江汉	鄂尔多斯		东海 Y-1井	
				(T)	(J)	上部	下部
主要离子组合	Cl·HCO <sub>3</sub> -Na	Cl-Na Cl·HCO <sub>3</sub> -Na	Cl·SO <sub>4</sub> -Na	Cl-Na Cl-Na·Ca	Cl-Na Cl·SO <sub>4</sub> -Na	Cl-Na Cl·HSO <sub>4</sub> -Na	Cl-Na Cl-Na·Ca
水的类型(苏林)	NaHCO <sub>3</sub>	CaCl <sub>2</sub> NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> CaCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	CaCl <sub>2</sub>
矿化度 g/l	6.93	33.73	301.0	88.01	28.50	7.45	16.14

本文所论述的 Y-1井,该井上段的水型为氯化钙型,其矿化度为16.14g/l,下部的水型为重碳酸钠型,其矿化度为7.45g/l,符合油田水的一般规律。

通常氯化钙型的油田水,多半属于氯化物水组钠水亚组, S<sub>1</sub>水类 S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>A<sub>2</sub>水亚类。重碳酸钠油田水多半属于氯化物水组钠水亚组, S<sub>1</sub>水类 S<sub>1</sub>A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>水亚类。本井龙井组上段的氯化钙型水以及下部的重碳酸钠型水,其水组,水亚组,水类,水亚类,亦都符合油田水的一般性规律。

### 2. 油田水中的有机质

油田水中比其它类型的水富含有机质,酚就是其中之一。我国柴达木盆地油田水中酚的含量为2mg/l,苏联库班油田水中酚含量高达10mg/l。本井花港组地层水中酚含量较高,达3.60mg/l,说明具有油田水的特征。油田水中酚的含量,与石油的含酚量直接有关,通常轻质原油中酚的含量比重质原油中高,故东海油田水中酚的存在及其含量和东海盆地富产轻质原油有关(胡必规等,1988)。

### 3. 陆相油田水和海相油田水

陆相油田水和海相油田水各具有明显的离子分异现象。

陆相油田水在富集  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$  的同时,含有一定量的  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ,因此出现了以  $\text{Cl}^-$ - $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^-$ - $\text{Na}^+$  及  $\text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ - $\text{Na}^+$  为主的三种离子组合。同时  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$  等离子比例系数发生有规律的增高。再者陆相油田水中残留着较高的  $\text{SO}_4^{2-}$ ,其含量一般是海相油田水的5~10倍(刘崇禧,1983)。

海相油田水中碱土金属的绝对和相对含量比陆相油田水增高,并与矿化度的变化相一致(即海相高于陆相)。以  $\text{Cl}^-$ - $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  离子组合为主,主要离子比例系数低于陆相油田水。

根据上述陆相油田水和海相油田水的特征分析,Y-1井龙井组上段氯化钙型水属于海相油田水;龙井组下段、花港组、平湖组的重碳酸钠型水属于陆相油田水。两者的特征列于表4。

表4 东海 Y-1井油田水化学特征

项目		龙井组上段	龙井组下段 花港组 平湖组
相、水型		海相 $\text{CaCl}_2$ 型油田水	陆相 $\text{NaHCO}_3$ 型油田水
主要离子组合		$\text{Cl}^-$ - $\text{Na}^+$ · $\text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^-$ - $\text{Na}^+$ $\text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^-$ - $\text{Na}^+$ $\text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ - $\text{Na}^+$
主要离子系数	$\frac{\text{Na}^+}{\text{Cl}^-}$	0.85	1.60
	$\frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}$	5.19	42.48
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	绝对含量 (毫克当量/l)	47.29	2.83
	相对含量 (百分毫克当量)	16.87	2.49
$\text{SO}_4^{2+}$	绝对含量 (毫克当量/l)	2.92	12.17
	相对含量 (百分毫克当量)	1.07	7.43
矿化度(g/l)		16.14	7.45
酚(mg/l)		0.027	3.60

### 三、结 论

1. 从水化学分析, Y-1井龙井组上段及其以下各组段地层水, 存在着一条明显的水化学分界线。它反映了该界线上下地层属不同的地球化学环境、不同的沉积体系。运用它将有助于正确的划分地层和对比地层;

2. 从水化学分析, Y-1井龙井组上段地层水属氯化钙水型, 形成于海洋环境。而其下各组段地层水属重碳酸钠水型, 形成于大陆环境;

3. Y-1井龙井组上段及其以下各组段地层水, 均属油田水, 特别是花港组酚含量较高。可推测花港组将是一个不可忽视的含油气层组, 该井区很可能是个含油气的远景地区。

水化学分析结果, 由本队实验室王维法、陈荣星同志测试, 特此致谢!

(收稿日期: 1989年3月1日)

### 参 考 文 献

- [1] 胡必规等. 海洋地质动态, 1983, (3): 16~19
- [2] 刘崇禧. 石油勘探与开发, 1983, (2): 39~43
- [3] 周祖荫. 石油勘探与开发, 1985, (3): 30~33

## HYDROGEOCHEMICAL ANALYSIS ON THE DATA FROM Y-1 WELL IN W-DEPRESSION OF THE EAST CHINA SEA

Zhang Yun     Hu Bigui

(General Research Party of Marine Geology, MGMR)

### Abstract

In this paper, the chemical data from formation water of the Y-1 well in W-depression have been systematized in order to study the hydrogeochemical characteristics and genetic types. Furthermore, the stratigraphic division and oil-gas prediction are proposed on the basis of hydrogeochemical analysis.