

文章编号:1672-6561(2012)02-0057-07

饶阳凹陷留西—留北地区新近系地层水特征 及其与油气分布的关系

赵利杰, 蒋有录, 刘 华, 庞玉茂

(中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266555)

摘 要:以冀中拗陷饶阳凹陷新近系油气分布最富集的留西—留北地区为研究对象,通过对该区新近系地层水及其与油气分布关系的系统分析,明确了新近系地层水的水化学类型及矿化度分布特征,揭示了该区新近系地层水的地球化学特征异常与油气运移、油气分布的内在关系。结果表明:留西—留北地区新近系整体上发育低矿化度的 NaHCO_3 型地层水,地层水矿化度具有由西向东、由北向南逐渐增加的趋势,同时水化学类型由 $\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+$ 型过渡为 $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$ 型;在油源和断裂条件良好的条件下,新近系地层水异常与油气分布具有良好的对应关系,新近系油气主要在地层水矿化度高于背景值、水化学类型异常及油源断裂发育的地区富集,同时新近系高矿化度 Na_2SO_4 型或 MgCl_2 型地层水对油气由深向浅的运聚特征具有重要的指示作用。

关键词:地层水;矿化度;水化学类型;油气分布;新近系;饶阳凹陷;冀中拗陷

中图分类号:TE144;P641.3

文献标志码:A

Characteristics of Neogene Formation Water and Its Response to Hydrocarbon Distribution in Liuxi-Liubei Area of Raoyang Sag

ZHAO Li-jie, JIANG You-lu, LIU Hua, PANG Yu-mao

(School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao 266555, Shandong, China)

Abstract: Neogene formation water and its response to hydrocarbon distribution in Liuxi-Liubei Area, in which hydrocarbon was richest in Raoyang Sag of Jizhong Depression, were analyzed; distribution characteristics of salinity and hydrochemical type of Neogene formation water were discussed; the internal relationship between abnormal geochemistry characteristics of Neogene formation water and the migration and distribution of hydrocarbon in the area was revealed. The results showed that Neogene developed NaHCO_3 type of formation water with low salinity in Liuxi-Liubei Area, the salinity of formation water increased gradually from west to east and from north to south, and the hydrochemical type developed from $\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+$ to $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$; the corresponding relationship between abnormal Neogene formation water and hydrocarbon distribution was fine under the condition of good oil source and fault; Neogene hydrocarbon was usually rich in the area with high salinity of formation water, abnormal hydrochemical type and source fault developed, and the Na_2SO_4 or MgCl_2 type of Neogene formation water with high salinity indicated the characteristics of migration and accumulation from lower to upper.

Key words: formation water; salinity; hydrochemical type; hydrocarbon distribution; Neogene; Raoyang Sag; Jizhong Depression

收稿日期:2011-07-11

基金项目:国家自然科学基金项目(40972094)

作者简介:赵利杰(1985-),男,山东广饶人,工学博士研究生, E-mail:zhaolijiesmart1985@163.com。

0 引言

在含油气盆地中,地层水以不同形式与油气共存于地下岩石孔隙空间中,是油气运移、聚集的载体,地层水的活动及性质直接或间接指示盆地流体系统的开放性,它的形成及运动规律与油气的生、运、聚及油气藏的形成、保存和破坏有着十分密切的联系^[1-6]。自 1975 年在任丘油田发现新生古储型的古潜山油田以来,饶阳凹陷进行了潜山地层水与古潜山油藏的研究,对冀中油区古潜山油气藏勘探起到了重要的指导作用^[6];然而冀中油区针对新近系地层水的研究较少,也未曾分析其石油地质意义。基于此,笔者以新近系油藏较发育的饶阳凹陷留西—留北地区新近系地层水为研究对象,通过对地层水地球化学特征的研究,深入分析该区地层水异常与油气分布的相关性,揭示含油气盆地地层水特征及其与油气运移、聚集的关系,以期指导饶阳凹陷后续油气勘探工作。

1 区域地质概况

留西—留北地区位于冀中拗陷饶阳凹陷中南部,受控于河间—留路断裂带,内部由古隆起分割形成了河间、饶南等多个生油洼槽(图 1)。饶阳凹陷继承性发育,东断西超,新近系埋深可达 2 000~

2 300 m,下伏烃源层生油气条件好,但新近系探明石油地质储量较低;渤海湾盆地其他拗陷新近系探明石油地质储量的比例为 30%^[7],而冀中拗陷仅为 3%左右。

饶阳凹陷作为冀中拗陷油气富集程度最高的拗陷之一,新近系油气藏主要分布在留西—留北地区的留西和留北油田。油源对比表明,新近系油气主要来自古近系沙河街组一段和三段烃源岩^[7],这 2 套烃源岩层生油量较大,主要生烃期为馆陶组沉积时期—第四纪,且与新近系圈闭形成期配置良好,其中河间洼槽资源量较高。从图 1 可以看出,靠近东部断阶带的留西—留北地区是新近系油气分布的有利区带,而且大多数新近系油气区均伴有地层水矿化度及水化学类型(简称“水型”)异常现象。

2 地层水地球化学特征

饶阳凹陷新近系是典型的河流相沉积,地层水矿化度(M)普遍较低,一般为 $1.4\sim 2.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,包括馆陶组和明化镇组 2 个含水系统,其中明化镇组地层水矿化度明显低于馆陶组。明化镇组地层埋深较浅(距地表 450 m 左右),可分为上、下两段,厚度分别为 300~740 m、150~985 m;馆陶组地层与上覆明化镇组整合接触,厚度 170~590 m。由于新近系埋藏较浅,成岩条件较差,同时砂体十分发育,使得地下水交替较强烈,所以研究区浅层的 2 套含水系统均具有矿化度低、 HCO_3^- 含量高、变质程度低、区域上稳定的水动力特征。结合饶阳凹陷新近系地层水特征分析发现,留西—留北地区有明显异常,矿化度由西向东、由北向南逐渐增加,同时水型也由 $\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+$ 型过渡为 $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$ 型,局部出现封闭的 $\text{Cl}^- - \text{Na}^+$ 型(留北油田),与该区发育浅层次生油藏密切相关。

2.1 地层水矿化度分布规律

饶阳凹陷新近系地层水矿化度低,一般为 $0.5\sim 2.4\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;钠氯离子比值高,一般为 $1.2\sim 3.2$; HCO_3^- 质量浓度一般为 $0.2\sim 0.6\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。从层位上看,随深度加深,地层水矿化度略有增加,明化镇组矿化度小于 $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,而馆陶组大于 $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。留西—留北地区则出现高矿化度异常区,矿化度增至 $5\sim 7\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

2.1.1 平面分布特征

饶阳凹陷新近系地层水矿化度普遍较低,但油层、含水层地层水矿化度略高于背景值,一般为 $1.4\sim 2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,而留西和留北油田出现矿化度异常的

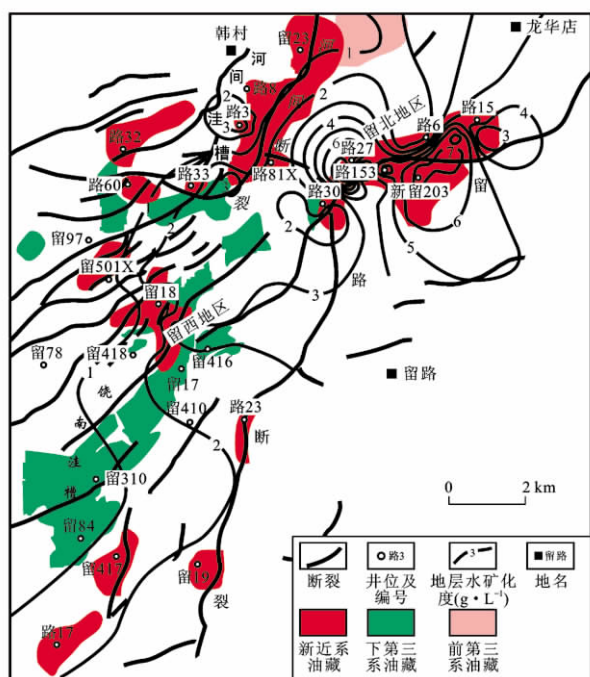


图 1 留西—留北地区新近系地层水矿化度及油气分布

Fig. 1 Distribution of Oil/Gas and Formation Water Salinity of Neogene in Liuxi-Liubei Area

比例和幅度明显高于其他油田,其中留北油田有 8.1% 的新近系地层水矿化度高达 $5\sim7\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (表 1)。

表 1 饶阳凹陷各油田新近系不同矿化度地层水比例

Tab. 1 Proportions of Neogene Formation Waters with Different Salinities in Different Oilfields of Raoyang Sag

油田名称	样品数/ 个	不同矿化度($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)地层水所占比例/%						
		$M<1$	$1\leq M<2$	$2\leq M<3$	$3\leq M<4$	$4\leq M<5$	$5\leq M<6$	$6\leq M<7$
留西	48	1.6	67.2	23.0	4.9	1.6	0.0	1.7
留北	108	4.7	55.8	12.8	4.1	1.2	2.3	5.8
留楚	15	13.3	40.0	13.3	26.7	0.0	6.7	0.0
南马庄	21	2.3	68.2	22.7	6.8	0.0	0.0	0.0
薛庄	11	6.3	62.5	25.0	6.2	0.0	0.0	0.0
大王庄	20	3.2	83.9	9.7	0.0	3.2	0.0	0.0

在平面上,新近系地层水矿化度异常区多出现在新近系油藏发育的东部断阶带,且馆陶组地层水异常幅度明显高于明化镇组,同层系内地层水矿化度具有由北西向南东逐渐增大的趋势:明化镇组地层水矿化度异常多小于 $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,馆陶组则高达 $6\sim7\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;位于北西部的路 60、路 102 等井的地层水矿化度异常也明显低于南东部的留 5、留 1-2 等井(图 2、表 2)。这不仅与地表水的供给方向有关,而且与开启断层的输导作用密切相关。深大断裂将高矿化度油气水运移至浅层,油气在合适的圈闭中聚集成藏,作为载体的高矿化度地层水与浅层低矿化度地层水混合,使得浅层地层水矿化度升高^[8]。因此,在远离供水区且断裂活动强烈的留西—留北

地区出现了一系列与新近系油气分布对应的地层水矿化度异常高值区(图 1)。

表 2 留北油田新近系地层水异常分析结果

Tab. 2 Analysis Results of Abnormal Neogene

Formation Water in Liubei Oilfield				
井位	层位	总矿化度/ ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	水型	Cl^{-} 质量浓度/ ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
留 1-1	馆陶组	7.195	MgCl_2	3.900
留 1-2	馆陶组	7.114	MgCl_2	3.793
留 202	馆陶组	7.038	CaCl_2	3.926
留 5	馆陶组	6.304	Na_2SO_4	3.102
路 102	馆陶组	1.782	MgCl_2	1.050
路 30	馆陶组	1.985	NaHCO_3	1.235
路 60	馆陶组	2.203	MgCl_2	1.476
路 7	馆陶组	4.226	NaHCO_3	1.892
留 1-2	明化镇组	2.033	NaHCO_3	0.762
留 45	明化镇组	1.365	MgCl_2	0.419
路 102	明化镇组	1.225	MgCl_2	0.764
路 8	明化镇组	1.493	MgCl_2	0.395

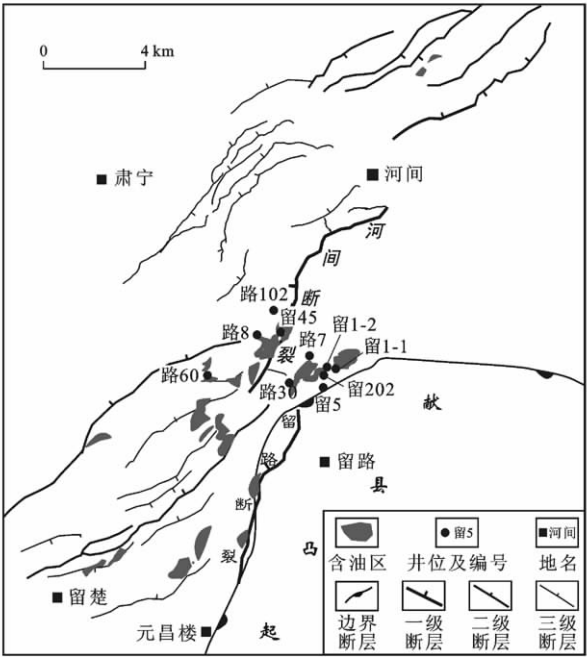


图 2 留北地区新近系地层水异常井位分布

Fig. 2 Distribution of Wells with Abnormal Formation Water of Neogene in Liubei Area

2.1.2 纵向分布特征

在纵向上,地层水矿化度随着埋藏深度的增加而逐渐增大^[9],饶阳凹陷明化镇组地层水矿化度明显低于馆陶组。从图 3 可以看出,饶阳凹陷大多数地层水矿化度都呈现出正常的趋势特征,仅少量地层水矿化度偏离了正常的变化趋势,具有异常高矿化度的特征。这部分异常高矿化度的地层水多数出现在留北油田,少量出现在留西油田,且异常幅度较大。从地层水矿化度的平面及纵向分布特征可以看出,留西—留北地区地层水具有明显的异常高矿化度特征,主要出现在东部断阶带,与新近系油气聚集具有良好的对应关系。

2.2 地层水水型特征

按苏林的分类标准^[10],饶阳凹陷地层水水型单

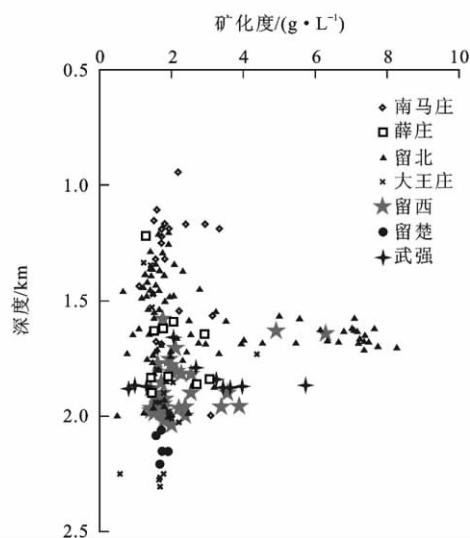


图3 饶阳凹陷地层水矿化度与深度的关系

Fig. 3 Relationship Between Formation Water Salinity and Depth in Raoyang Sag

一,以 NaHCO_3 型为主。但新近系油气较富集的留北油田地层水水型复杂,也以 NaHCO_3 型为主,占取样井总数的 80.5%;其次为 MgCl_2 和 Na_2SO_4 型,分别占 9.3% 和 7.4%。通过对比分析发现,留北油田非 NaHCO_3 型地层水多出现在矿化度异常井位处,占矿化度异常井总数的 78%。出现这种现象的原因可能是深层高矿化度 CaCl_2 型地层水沿断层等运移,使新近系地层水矿化度升高、水型发生变化^[11]。

3 地层水异常与油气分布的关系

有机质演化生烃的过程始终在地下水环境中进行,油气的运移聚集与地层水关系密切,而且研究区新近系构造幅度低,不同于下第三系及前第三系发育背斜、潜山等指示油气聚集的构造和不整合圈闭^[12],因此研究新近系地层水异常与油气分布的关系,可以在一定程度上指导其油气勘探。一般来说,高矿化度地层水多存在于还原环境中,对油气的保存极为有利;低矿化度地层水常与氧化环境相伴生,不利于油气保存^[13]。根据地层水矿化度和水型在平面及纵向上不均一的分布特征,结合留西—留北地区构造特征,可以分析流体流动方向及油气聚集特征。

3.1 高矿化度地层水与下生上储型油气聚集

饶阳凹陷北部和西部山区为供水区,泄水区位于东南部。地表降水不断向凹陷渗入,使地层水矿化度降低,越靠近供水区,地表水交替作用越强烈;

留西—留北地区远离供水区,地表水交替作用弱,经断层运移至此的高矿化度地层水起主导作用,从而使地层水保留了较高的矿化度值^[13]。此外,浅层高矿化度地层水的存在也体现了新近系具有较好的保存条件^[14-15],有利于油气藏的形成。

留西—留北地区馆陶组和明化镇组下生上储型油气藏主要靠下伏沙河街组烃源岩层供烃,经开启断层向上运移至上覆岩层的圈闭和储集体中聚集而成^[2]。沙河街组等深层高矿化度地层水沿断层向上运移,与上覆岩层地层水发生交替,使上覆岩层油田水矿化度明显高于区域背景值。勘探实践证明,地层水矿化度高于背景值区可能是油气的有利聚集区,且地层水的含盐度异常值与石油储量之间具有一定的正相关性^[12]。一般情况下,埋藏越深,水交替强度越弱,地层水矿化度越高,对油气藏保存越有利。浅层非生油岩储层中的高矿化度地层水及油气均为非原生流体,它们是深层烃源岩排烃并经断层等向上运移至浅层圈闭而形成的。当这种流体进入浅层圈闭之后,油气便从水中逐渐析出而形成油气藏,高矿化度的载体水便与浅层地层水混合,使油气藏区域的地层水矿化度较背景值高^[16-18]。

断层是流体运移的重要通道,对地层水及油气均可起到输导作用,并非高矿化度地层水的出现均能指示油气聚集,必须要结合烃源岩层位、断层及排烃等多方面进行研究,才可确定两者之间的对应性。饶阳凹陷留北油田新近系油气富集,高矿化度地层水分布最多,沿断层走向具有带状分布的特点(图4),断层上盘(下降盘)高矿化度地层水与新近系油气分布有较好的对应性,而下盘(上升盘)仅存在高矿化度地层水,未发现新近系油气。断层在形成初期活动性较好,在深层油气未生成时主要对地层水起输导作用,从而仅在上升盘出现地层水矿化度异常,而未形成油气聚集;断层形成后期的封闭性和保存条件好,受地表水影响小,深层高矿化度地层水充当载体将油气经开启断层运移至断层下降盘成藏,从而使地层水矿化度异常与油气分布相对应。因此,在充分考虑烃源岩生烃、断层活动期次及其与排烃期匹配的前提下,浅层高矿化度地层水与油气分布才会具有相关性,才可通过矿化度异常与油气分布建立联系,指导未知地区新近系油气勘探。

留西—留北地区新近系部分油气藏也分布于低矿化度区,这可能是由以下原因造成的:①油源断层开启程度小,古近系向上运移的水量不大;②油源断层在油气运移一段时间后由开启转为封闭,切断了

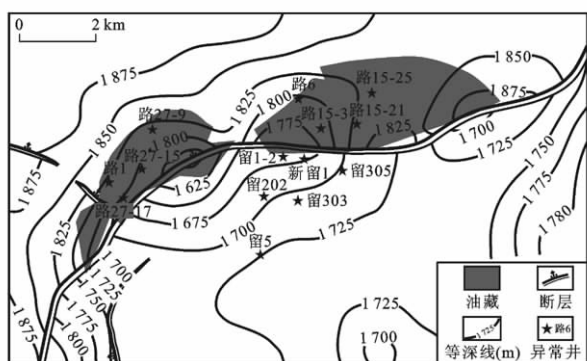


图4 留北油田新近系地层水异常与油气分布的关系

Fig. 4 Relationship Between Hydrocarbon Distribution and Abnormal Neogene Formation Water in Liubei Oilfield

古近系地下水的补给通道^[12-13]。在这种情况下,油气藏只能形成于水动力作用相对较弱的地区,否则强烈交替的地下水难以形成和保存油气藏。

3.2 浅层非 NaHCO_3 型地层水与新近系油气聚集

众所周知, CaCl_2 型地层水多存在于深成环境,矿化度较高,该水型与低矿化度 NaHCO_3 型地层水相混合可以形成中、高矿化度的 Na_2SO_4 型或 MgCl_2 型地层水。巴尔斯借助马林格娃-阿格里娃图表,直观地说明了高(低)矿化度 CaCl_2 型水与低(高)矿化度 NaHCO_3 型水混合可生成中、低矿化度的 Na_2SO_4 型或 MgCl_2 型地层水^[19-20]。

留北油田的地层水矿化度异常井中出现了78%的非 NaHCO_3 型地层水,对浅层油气有较好的指示作用。 Na_2SO_4 型水一般分布于地表或地下浅层水活跃地区,矿化度低,通常代表陆相且封闭性差的沉积环境,不利于油气的聚集保存^[9]。对留北油田水型异常进一步分析表明,留北油田靠近留路及河间断裂,深部高矿化度的 CaCl_2 型地层水沿断层向上运移,与浅部的低矿化度 NaHCO_3 型地层水相混合形成高矿化度的 Na_2SO_4 型地层水。与此同时,深层油气也可沿断裂伴随地层水运移至浅层聚集成藏,从而使水型与油气聚集表现出较好的对应性。从图5可以看出,地层水水型异常井区均分布在深大断裂附近,且与新近系油气分布匹配,对于下一步利用水型差异指导浅层油气勘探具有重要意义。然而,这种指示作用应在深层高矿化度 CaCl_2 型地层水充当油气运移载体时才会起到较好的作用,若抛开生烃期与断层活动性研究,水型异常对新近系油气聚集的指示作用亦无法成立。

4 结 语

(1) 饶阳凹陷新近系是典型的河流相沉积,覆盖

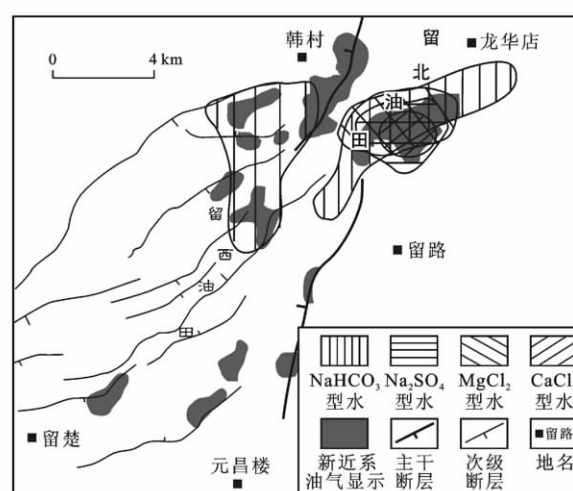


图5 留北油田新近系高矿化度地层水水型平面分布

Fig. 5 Horizontal Distribution of Hydrochemical Types of Neogene Formation Waters with High Salinity in Liubei Oilfield

在凹陷内所有的老地层之上,成为一个独立的沉积和水动力系统,包括明化镇组和馆陶组2个含水系统。留西—留北地区新近系地层水矿化度有明显异常,矿化度由西向东、由北向南逐渐增加;水型多为 NaHCO_3 型,向河间、留路断裂带逐渐出现非 NaHCO_3 型地层水。中、高矿化度的非 NaHCO_3 型地层水多分布在留北和留西油田等新近系油气分布区,新近系地层水异常与油气分布具有良好的对应关系。

(2) 在充分考虑烃源岩生烃、断层活动期次及其与排烃期匹配的前提下,地层水矿化度高于背景值的区域可能是油气的有利聚集区;留西—留北地区新近系下生上储型油气藏主要靠下伏沙河街组烃源层供烃,经开启断层向上运移至上覆岩层的圈闭和储集体中聚集而成;深层高矿化度的载体水则与浅层地层水混合,使油气藏区域的地层水矿化度较背景值高;浅层非 NaHCO_3 型地层水可以指示新近系油气聚集,在断裂等输导条件下,携深层油气运移的高矿化度 CaCl_2 型地层水与浅层低矿化度 NaHCO_3 型地层水可以结合形成中、高矿化度的 Na_2SO_4 型或 MgCl_2 型地层水,指示浅层油气聚集区。

参考文献:

References:

- [1] 徐德英,周江羽,王 华,等. 渤海湾盆地南堡凹陷东营组地层水化学特征的成藏指示意义[J]. 石油实验地质, 2010, 32(3): 285-289.
XU De-ying, ZHOU Jiang-yu, WANG Hua, et al. Chemical Characteristics of Formation Water Signifi-

- cant to Oil Reservoir in Dongying Formation, Nanpu Sag, Bohai Bay Basin [J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2010, 32(3): 285-289.
- [2] 李梅, 金爱民, 楼章华, 等. 高邮凹陷南部真武地区地层水化学特征与油气运聚的关系[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2010, 34(5): 50-56.
- LI Mei, JIN Ai-min, LOU Zhang-hua, et al. Hydrochemical Properties of Formation Water and Its Relationship with Oil and Gas Migration and Accumulation in Zhenwu Area of Southern Gaoyou Sag [J]. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science*, 2010, 34(5): 50-56.
- [3] 谭开俊, 张帆, 尹路, 等. 准噶尔盆地乌夏地区地层水与油气保存条件[J]. *石油实验地质*, 2012, 34(1): 36-39.
- TAN Kai-jun, ZHANG Fan, YIN Lu, et al. Preservation Conditions for Formation Water and Hydrocarbon in Wuxia Area, Junggar Basin [J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2012, 34(1): 36-39.
- [4] 赵卫卫, 王秀娟, 杨兆林, 等. 苏里格地区下古生界马家沟组地层水化学特征与天然气聚集关系[J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2012, 27(1): 35-41, 52.
- ZHAO Wei-wei, WANG Xiu-juan, YANG Zhao-lin, et al. Relationship Between Hydrochemical Characteristics of Majiagou Formation Water in Lower Paleozoic in Sulige Region and Natural Gas Accumulation [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2012, 27(1): 35-41, 52.
- [5] 冷济高, 杨克明, 叶军, 等. 孝泉—丰谷构造带须家河组地层水成因分析[J]. *西南石油大学学报: 自然科学版*, 2011, 33(1): 57-63.
- LENG Ji-gao, YANG Ke-ming, YE Jun, et al. The Origin Analysis of Stratum Water in Xujiahe Formation of Xiaoquan-Fenggu Structural Belt [J]. *Journal of Southwest Petroleum University: Science and Technology Edition*, 2011, 33(1): 57-63.
- [6] 渠永宏, 孙镇城, 冯晓杰, 等. 冀中坳陷北部潜山地区水文地质特征及对油气勘探的意义[J]. *大庆石油学院学报*, 1999, 23(3): 8-11.
- QU Yong-hong, SUN Zhen-cheng, FENG Xiao-jie, et al. Middle-upper Proterozoic Buried Hill Groundwater Geohydrologic Character and Significance for Exploration in Northern Jizhong Depression [J]. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 1999, 23(3): 8-11.
- [7] 王权, 高吉宏, 唐宏, 等. 冀中坳陷上第三系油气藏成藏条件及分布[J]. *中国海上油气(地质)*, 2001, 15(1): 56-60.
- WANG Quan, GAO Ji-hong, TANG Hong, et al. Neogene Hydrocarbon Accumulation and Distribution in Jizhong Depression [J]. *China Offshore Oil and Gas (Geology)*, 2001, 15(1): 56-60.
- [8] 张毅, 夏斌, 姜兰兰. 泌阳凹陷油田水化学特征及水-岩相互作用[J]. *油气地质与采收率*, 2009, 16(3): 44-47.
- ZHANG Yi, XIA Bin, JIANG Lan-lan. Study on the Chemical Characteristics of Oilfield Water and the Water-rock Interaction in Biyang Depression [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2009, 16(3): 44-47.
- [9] 董万百, 林艳萍, 高红. 准噶尔盆地腹部及南缘水化学纵向变化规律[J]. *石油实验地质*, 2001, 23(2): 195-199.
- DONG Wan-bai, LIN Yan-ping, GAO Hong. Longitudinal Changing Regularity of Hydrochemistry for the Southern Edge and Hinterland of the Junggar Basin [J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2001, 23(2): 195-199.
- [10] 苏林. 天然水系中的油田水[M]. 王成义, 译. 北京: 石油工业出版社, 1956.
- SU Lin. Oilfield Water in Natural Water System [M]. Translated by WANG Cheng-yi. Beijing: Petroleum Industry Press, 1956.
- [11] 李国林. 水文地质旋回在临清地区油气勘探中的应用[J]. *油气地质与采收率*, 2009, 16(6): 53-55.
- LI Guo-lin. Application of the Hydrogeologic Cycles to Hydrocarbon Exploration in Linqing Area [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2009, 16(6): 53-55.
- [12] 梁苏娟, 刘池洋, 王定一. 冀中坳陷下第三系构造背斜成因分类[J]. *西安工程学院学报*, 2002, 24(1): 25-28.
- LIANG Su-juan, LIU Chi-yang, WANG Ding-yi. Classification of Paleogene Anticlines by Tectonic Mechanism in Jizhong Depression [J]. *Journal of Xi'an Engineering University*, 2002, 24(1): 25-28.
- [13] 张宗峰, 查明, 高长海. 大港油田埕北断阶区地层水化学特征与油气成藏[J]. *石油与天然气地质*, 2009, 30(3): 268-274.
- ZHANG Zong-feng, ZHA Ming, GAO Chang-hai. Hydrochemical Characteristics and Hydrocarbon Accumulation in the Chengbei Fault Terrace Zone of Dagang Oilfield [J]. *Oil and Gas Geology*, 2009, 30(3): 268-274.
- [14] 李孝军. 油田水化学研究在油源分析中的应用——以梁家楼油田和胜坨油田为例[J]. *油气地质与采收率*, 2009, 16(3): 38-40.
- LI Xiao-jun. Application of the Chemistry Research of

- Field Water on Oil Source Analysis—a Case Study of Liangjialou Oilfield and Shengtuo Oilfield[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2009, 16(3): 38-40.
- [15] 钱诗友, 曾溅辉. 东营凹陷沙河街组地层水化学特征及其石油地质意义[J]. 天然气地球科学, 2009, 20(4): 603-609.
- QIAN Shi-you, ZENG Jian-hui. Chemical Characteristics of Shahejie Formation Water and Their Petroleum Geological Significance, Dongying Sag [J]. Natural Gas Geoscience, 2009, 20(4): 603-609.
- [16] 姜文娟, 冯 乔, 李颖莉, 等. 苏里格西部盒8段地层水化学特征及其地质意义[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(4): 399-401.
- JIANG Wen-juan, FENG Qiao, LI Ying-li, et al. Chemical Characteristics and Geological Significance of Formation Water of He-8 Member in Western Sulige Gas Field, Ordos Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2011, 32(4): 399-401.
- [17] 银 燕. 东营凹陷古近系地层水化学特征及其演化主控因素分析[J]. 海洋石油, 2011, 31(1): 37-41.
- YIN Yan. Analysis of Hydrochemical Characteristics of Paleogene Local Water and the Affecting Factors in Dongying Sag[J]. Offshore Oil, 2011, 31(1): 37-41.
- [18] 惠 潇, 田永强. 鄂尔多斯盆地天环拗陷南段水文地质特征与油藏富集规律[J]. 地球科学与环境学报, 2008, 30(3): 278-282.
- HUI Xiao, TIAN Yong-qiang. Hydrogeologic Features and Enrichment Laws of Oil Reservoirs in South Tianhuan Depression, Ordos Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2008, 30(3): 278-282.
- [19] 齐 荣, 刘晓峰, 林伯伟. 沾化凹陷东北部地区地层水特征及成因分析[J]. 地质科技情报, 2010, 29(6): 101-105.
- QI Rong, LIU Xiao-feng, LIN Bo-wei. Characteristics and Genesis of Formation Water in Northeastern Area, Zhanhua Depression[J]. Geological Science and Technology Information, 2010, 29(6): 101-105.
- [20] 王仲侯, 张淑君. 克拉玛依油区高矿化度重碳酸钠型水的发现与特征[J]. 石油实验地质, 1998, 20(1): 39-43.
- WANG Zhong-hou, ZHANG Shu-jun. Discovery and Characteristics of High-mineralized Soda-dicarbonate-typed Water in Karamay Oil Region [J]. Petroleum Geology and Experiment, 1998, 20(1): 39-43.

《地球科学与环境学报》约稿函

尊敬的各位专家学者:

《地球科学与环境学报》(以下简称《学报》)自1979年创刊以来,得到了各位专家的支持,使期刊得到了快速发展。《学报》系地学综合性学术期刊,刊登的主要内容有基础地质与矿产地质、水资源与环境、工程地质、应用地球物理和地球信息科学等。据中国科学技术信息研究所2011年版《中国科技期刊引证报告(核心版)》,《学报》影响因子为0.911,他引率为0.82。

为了不断提升《学报》的学术质量和影响力,特向各位专家学者约稿,诚盼各位专家学者能鼎力支持《学报》的发展。《学报》目前的优势包括:

- 1、中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)刊源;
- 2、不收取版面费,并且刊出后向作者支付一定稿酬;
- 3、发表周期短;
- 4、对学术质量高、有重大基金项目支持的论文优先发表;
- 5、刊登综述类论文;
- 6、可同期刊登同一主题的系列成果。

联系地址:西安市南二环路中段长安大学杂志社

邮政编码:710064 电话:029-82334686

E-mail: dkyhxb@chd.edu.cn

《地球科学与环境学报》编辑部