

文章编号: 1001-6112(2006)05-0458-05

# 辽河盆地大民屯凹陷油水变化规律与油气富集

郭建华<sup>1</sup>, 吴东胜<sup>2</sup>, 刘辰生<sup>1</sup>

(1. 中南大学 地质与环境工程学院, 长沙 410083; 2. 长江大学, 湖北 荆州 434023)

**摘要:**对辽河盆地大民屯凹陷静安堡西侧低潜山带地层水化学性质特征分析表明, 潜山顶部地层水是以  $\text{NaHCO}_3$  水型为主, 局部出现  $\text{CaCl}_2$  水型, 反映了潜山顶部总体上具有一定的自由交替水动力条件的开放性环境, 而局部出现封闭性环境; 这种局部性的封闭环境主要是由于封堵性断层及上覆欠压实泥岩的封堵造成的。地层水矿化度具有明显的由西向东增加的变化趋势, 西部最低值仅为 1 500 mg/L, 而东部矿化度最高达 9 378.69 mg/L。高矿化度分布区是油气富集的有利区带。原油的物性与地球化学特征则表明了区内油气的运移距离较短, 但在短距离的运移过程中, 原油物性发生了明显的变化。潜山顶部地层水与原油的这些变化特征, 指示了油气运移的方向及其富集的场所。

**关键词:** 地层水; 潜山; 油气运移; 大民屯凹陷; 辽河盆地

**中图分类号:** TE121

**文献标识码:** A

## 1 概况

大民屯凹陷是渤海湾裂谷系辽河盆地中的一个一级构造单元<sup>[1]</sup>, 面积约 800 km<sup>2</sup> (图 1)。大民屯凹陷经历了中新世的构造运动, 翘倾断块活动控制了凹陷的形态和基本构造格局; 不同时期和不同性质的断裂相互交织成网格状, 并成为不同级别构造单元的界线。研究区位于静安堡断裂鼻状构造带的西侧, 是一个由太古界花岗岩和中上元古界碎屑岩、碳酸盐岩构成的低潜山。其上覆盖层由中生界, 下第三系房身泡组、沙河街组、东营组及上第三系和第四系组成, 缺失古生界和沙河街组二段。根据三维地震资料的精细解释, 潜山顶面的现今构造形态总体上呈现出北东—南西高, 北西—南东低的“马鞍”状形态。在凹陷沉降过程中, 基底块断运动所形成的一系列北东向、东西向和北东东向断层将潜山基岩切割成垒—堑相间的断块, 并在潜山顶部形成了类型众多的油气圈闭<sup>[2]</sup>。在对油气藏形成的研究过程中, 发现区内地层水及原油地球化学特征的变化具有明显的油气富集成藏的指向性。

## 2 油田地层水化学性质特征及变化

油田地层水一般被认为是石油运移的载体, 因而研究油田水化学性质的纵横向变化对于油气运移、聚集规律具有一定的意义<sup>[3~6]</sup>。

对研究区及其周缘多口井的潜山地层及下第三系的水资料统计, 并依据上述资料对地层水性质的纵、横向变化规律进行了分析, 结果表明: 地层水

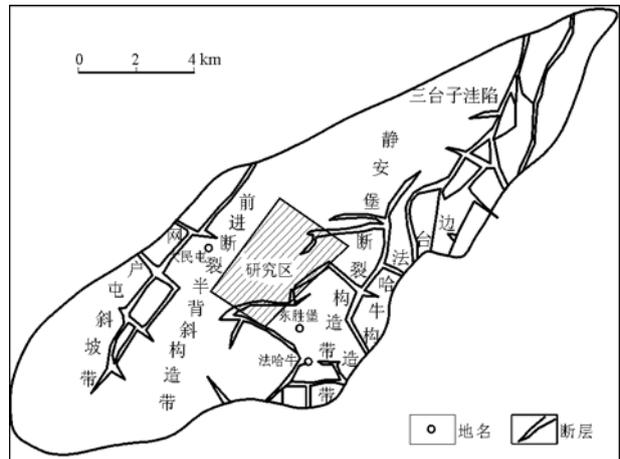


图 1 辽河盆地大民屯凹陷构造单元划分及研究区位置

Fig. 1 Structure division of the Damingtun Sag of the Liaohe Basin and location of the studied area

性质的各项指标在纵向上具有较明显的规律性, 总体上表现为随着埋藏深度的增加, 地层水的矿化度增高; 而水化学成分的变化与层位的关系不甚明显 (图 2)。这种变化规律表明: 随着埋深的加大, 地层的封闭性逐步增强, 水动力强度逐渐减弱, 地表水的渗入及与地层水的交换作用越不活跃。

潜山油藏中最接近潜山顶面的地层水化学性质的各项参数见表 1, 它们在平面上的变化特点表现为在研究区的西部及西南部矿化度较低, 仅为 1 500 mg/L; 东部及北部地区矿化度相对较高, 最高达 9 378.69 mg/L (图 3)。高矿化度分布区域与油藏的分布具有较好的一致性, 如研究区东部的高矿化度分布带对应着静安堡—东胜堡高潜山带油藏<sup>[7]</sup>,

收稿日期: 2006-03-11; 修订日期: 2006-07-11。

作者简介: 郭建华 (1957—), 男 (汉族), 湖南华容人, 教授、博士生导师, 从事石油地质教学与科研工作。

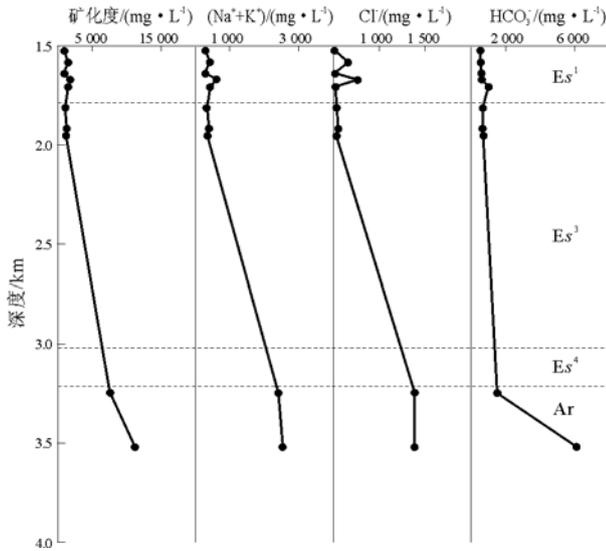


图 2 辽河盆地胜 15 井地层水化学成分纵向变化规律

Fig. 2 Vertical variety of the chemical elements of formation water in well Sheng 15 of the Liaohe Basin

北部的高矿化度区域沈 616 井于元古界白云岩潜山中获工业油流。油田水  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  离子含量和  $\text{Cl}^-$  离子含量的分布与矿化度具有较为相似的变化规律<sup>[8,9]</sup>, 即由南西向北增大。 $\text{HCO}_3^-$  离子含量的分布规律为南部较小, 向北部增大, 最大值分布于沈 136—安 49 井一线。

本区潜山地层水以  $\text{NaHCO}_3$  水型为主, 局部

地区为  $\text{CaCl}_2$  水型, 表明潜山顶部的油气藏以具有一定自由交替水动力条件的开放型环境为主, 局部地区为封闭性环境。但由于本区的潜山地层发育了大量早期活动而后期静止的断层, 由于这种封闭性断层的分割封堵, 地层水沿不整合面的流动不很活跃, 地层水的矿化度主要受上覆地层的封堵性影响。其证据有三: 一是试井过程中潜山油气层段的出水量较小, 表明试采过程中地层水沿潜山地层的流动性不很活跃; 二是潜山地层上覆的沙三、沙四段如出现封闭性较好的欠压实泥岩, 则潜山地层水具有较高的矿化度, 甚至出现代表封闭环境的  $\text{CaCl}_2$  水型, 如安 1 井上覆沙三、沙四段泥岩具欠压实现象, 其潜山地层水则具有较高的矿化度 (9 378.69 mg/L), 属  $\text{CaCl}_2$  水型。第三, 研究区范围相对大民屯凹陷而言, 仅是一个很小的区域, 在这种较小的区域中, 地层水化学性质的变化更多地是受其所处环境封闭程度的影响, 其次则是地层水的流动方向。油藏的形成需要较好的保存环境, 亦即水动力作用相对较弱, 水体较为封闭的环境。由地层水矿化度的平面分布可知, 油藏分布的区域<sup>[10]</sup>正对应于矿化度相对较高的地区, 表明地层水的高矿化度与所处环境的封闭性有关。反过来, 利用地层水化学性质的横向变化可预测有利于油气藏保存的环境。

表 1 研究区潜山带顶面地层水分析参数表

Table 1 Parameter of the formation water on the top of the buried hills in the studied area

井号	潜山顶界埋深/m	取样深度/m	矿化度/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\text{Cl}^- /$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\text{HCO}_3^- /$ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
安 1	2 721.0	2 736.00~3 200.00	9 378.69	3 238.40	5 462.61	302.05
安 10	3 062.0	3 062.00~3 110.00	2 475.86	775.10	345.74	1 264.13
安 114	2 800.0	2 950.00~3 015.00	4 459.16	1 497.30	1 684.35	945.81
安 117	2 650.0	2 718.00~2 770.00	4 667.47		1 702.08	1 235.66
安 131	2 798.5	2 796.95~2 851.18	6 864.48	2 242.50	620.55	1 935.60
安 49	2 663.0	2 663.00~2 841.00	5 862.80	1 745.70	629.42	3 338.30
安 87	2 565.0	2 884.00~2 864.00	30 354.18	11 454.00	17 730.00	762.24
安 89	2 784.0	2 783.00~2 793.00	7 197.10	2 678.35	3 811.95	533.93
安 9	3 048.0	3 090.00~3 343.00	4 034.40	1 293.75	585.09	2 069.84
安 97	2 456.0	2 725.00~3 065.00	2 908.84	1 026.95	460.98	1 334.03
沈 117	3 025.0	2 918.60~3 000.00	3 063.11	871.93	90.78	2 024.44
沈 136	3 488.0	2 489.40~3 566.00	5 510.24	1 495.23	77.30	3 888.80
沈 169	3 269.0	3 424.00~3470.00	1 511.19	256.45	53.19	625.46
沈 34	2 995.0	2 956.00~3 007.20	2 166.89	663.09	3 87.31	1010.88
胜 10	2 774.0	3 298.00~3 372.00	3 189.91	914.25	1 152.45	503.42
胜 13	2 977.0	2 978.50~3 077.30	2 514.00	732.60	1 139.30	288.00
胜 15	3 056.0	3 056.00~3 437.57	7 615.00	2 415.00	1 775.00	1 525.00
胜 17	2 981.5	3 120.00~3 428.00	4 208.81	1 288.00	1 241.10	1494.99
胜 20	3 310.0	3 313.40~3 380.00	3 573.30	1 055.70	992.90	1 373.00
胜 21	2 999.0	3 004.00~3 121.40	3 398.60	1 081.00	496.40	1 525.50
胜 3	2 638.0	2 780.00	3 643.19	1 296.28	1 810.66	375.21

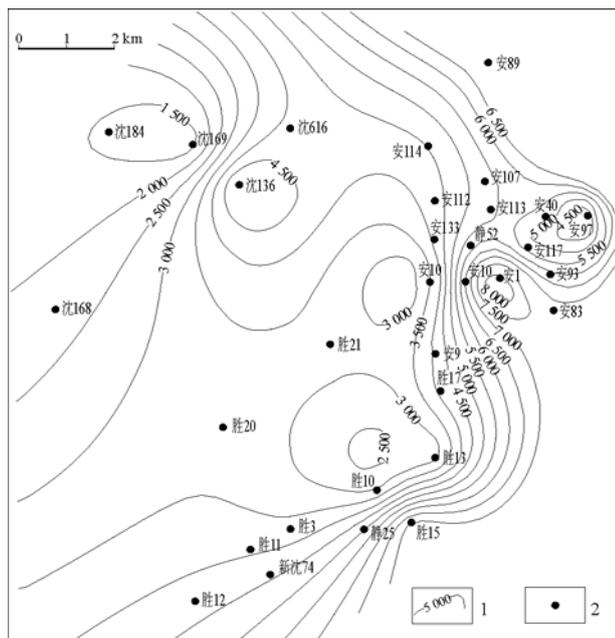


图 3 研究区潜山带地层水矿化度平面变化  
1. 矿化度/(mg · L<sup>-1</sup>); 2. 井位

Fig. 3 Lateral variety of the mineralization degree of formation water in the buried hills of the studied area

## 2 原油物性变化特征

原油在运移的过程中,层析作用可致原油性质

沿油气运移方向发生有规律的变化。如原油比重、粘度、胶质+沥青质含量及含蜡量等逐渐变小、变低,原油物性变好;而地下水的氧化作用则使其发生相反的变化,原油的物性变差。此外,不同源区的原油混入也可使得上述规律性表现不明显。本次研究统计了本区多口井的原油物性资料(表 2)。

原油物性的变化在研究区内及其东侧的东胜—静安堡构造带表现出了较明显的规律性<sup>[11]</sup>(图 4,5)。由南至北,原油的比重、粘度、含蜡量、胶质+沥青质含量等逐渐增高。原油在输导层或储层中只要与大气水接触,便会遭受不同程度的水洗和生物降解。据黄海平<sup>[12]</sup>的研究,大民屯凹陷的原油降解作用不很普遍,但确实有较低程度的原油降解现象的发生(图 4)。因此,可以认为静安堡西侧地区原油的物性变化规律是由于地下水的氧化作用所引起,亦即油气的运移过程中氧化作用占主导地位。随着油气从荣胜堡生油洼陷到达圈闭聚集成藏,运移的距离越来越远,则物性越来越差。当然,从整个研究区油藏的原油物性参数来看,胶质+沥青质含量是较低的,地层水的氧化作用只是使物性相对变差而已,亦即原油只是发生了很轻微的氧化作用(图 5)。

表 2 研究区潜山带顶面油藏原油物性表

Table 2 Physical property of the crude oil in the top pool of the buried hills in the studied area

井号	时代	取样深度/m	比重/d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	粘度/(mPa · s)	凝固点/°C	含蜡,%	胶+沥青,%
安 1	Ar	2 736.00~2 837.00	0.888 2	8.56	64	39.73	9.46
安 107	Ar	2 706.97~2 854.00	0.843 8	6.92	64	36.67	9.15
安 112	Ar	2 823.00~2 891.00	0.864 5	6.44	52	44.16	10.55
安 113	Ar	2 752.00~2 821.00	0.859 6	9.13	59	39.65	13.42
安 114	Ar	2 950.00~3 015.00	0.857 8	8.30	48	32.13	13.93
安 131	Ar	2 853.00~2 889.00	0.855 9	8.39	47	36.56	14.14
安 49	Ar	3 041.00~3 126.00	0.842 1	9.01	55	36.24	16.04
安 83	Ar	2 494.20~2 569.60	0.867 7	5.38	43	29.08	11.60
安 87	Ar	2 724.00~2 842.00	0.883 4	6.77	55	27.25	14.08
安 89	Pt	2 783.00~2 793.00	0.847 0	6.74	56	41.96	15.82
安 9	Ar	3 048.00~3 271.40	0.843 6	5.11	47	32.96	9.80
安 93	Ar	2 457.90~2 551.60	0.844 4	6.28	52	36.22	11.00
安 97	Ar	2 460.00~2 670.00	0.845 3	5.95	50	37.57	10.73
静 52	Ar	2 797.87~2 852.00	0.847 0	7.46	55	44.09	11.14
沈 136	Pt	2 485.00~3 566.00	0.873 0	7.70	50	38.58	11.43
沈 169	Ar	3 270.80~3 369.60	0.847 6		40	31.30	11.02
胜 10	Ar	2 774.00~3 088.24	0.857 7	4.14	45	25.57	8.66
胜 12	Ar	3 368.00~3 755.00	0.855 0	4.45	43	31.57	7.91
胜 13	Ar	2 978.50~3 031.60	0.839 9		46	33.42	10.24
胜 20	Ar	3 313.50~3 380.00	0.848 1		43		12.39
胜 21	Ar	3 003.00~3 025.50	0.859 0	6.27	50	32.22	12.87
胜 3	Ar	2 815.00~2 878.00	0.864 4	5.08	42	31.92	9.36

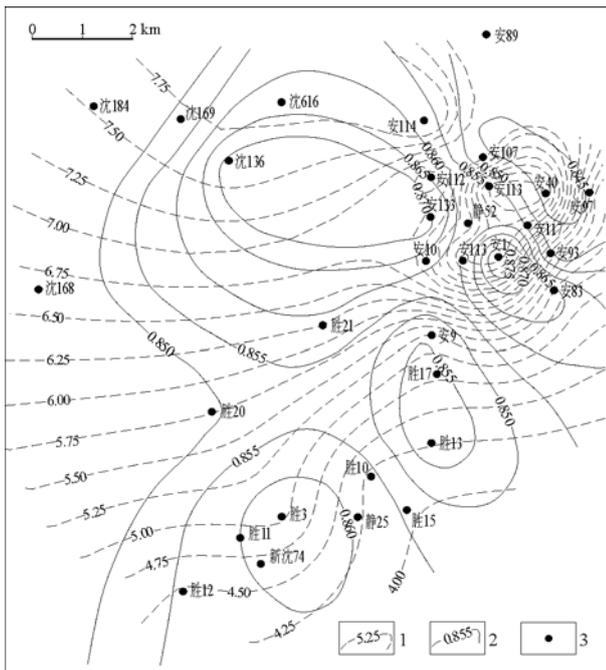


图 4 研究区潜山带原油粘度与密度平面变化  
1. 原油粘度/(mPa·s); 2. 原油密度; 3. 井位

Fig. 4 Lateral variety of the viscosity and density of crude oil in the buried hills of the studied area

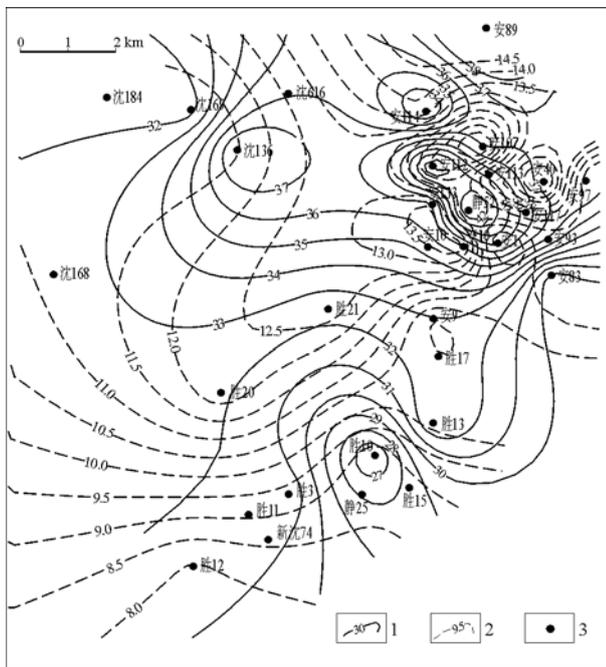


图 5 研究区潜山带原油含蜡量与胶质沥青质含量平面变化  
1. 含蜡量, %; 2. 胶质+沥青质, %; 3. 井位

Fig. 5 Lateral variety of the wax-bearing and colloid asphalt content of crude oil in the buried hills of the studied area

### 3 油气运移的地球化学研究

石油在岩石中运移, 矿物颗粒会对其产生吸附

和解吸作用, 使石油成分分布发生变化, 相当于色层效应。在岩性较均一的条件下, 运移距离越长, 原油成分受地质色层作用的影响就越大。如果运移途径的岩性不均一, 则引起原油成分分布改变的更重要因素是运移通道的大小。由于地质色层作用所引起的石油成分变化, 往往与成熟度增加所造成的成分变化相同, 为了克服后者的影响, 可采用甾烷分布来研究原油相对运移程度。在原油和生油岩抽提物的甾烷分子中,  $C_{29}, 5\alpha, 14\alpha, 17\alpha, 20S/5\alpha, 14\alpha, 17\alpha, 20R$  比值不受地层色层作用影响, 而只与成熟度有关, 为成熟度参数  $[C_{29}, 5\alpha, 14\beta, 17\beta, 20S+20R]$  与  $[5\alpha, 14\alpha, 17\alpha, 20S]$  的比值, 称运移参数。在二者构成的相关图上, 未经运移的生油岩抽提物及运移距离极短原油中的烃类, 基本上沿坐标的对角线方向展布, 而经过运移的烃类基本上分布在对角线的右下方, 其偏离对角线的距离可视为运移程度。

由图 6 可见, 二项指标基本上为线性相关, 源岩和原油都位于同一条直线上, 表明大民屯凹陷原油的运移效应不很明显, 揭示本区原油没有发生过大规模的长距离运移。甾烷中三环甾与五环甾的相对含量也能较好地揭示原油的运移特征, 这是因为三环甾的分子量较小, 其迁移能力明显高于五环甾, 因此在原油中相对富集。大民屯凹陷原油和源岩中三环甾/五环甾比值没有发生明显变化, 进一步表明大民屯凹陷原油未经长距离运移。

此外, 由  $C_{29}$  重排甾烷、异胆甾烷和胆甾烷的百分组成分析, 油、岩的分布没有明显分开, 源岩胆甾烷含量略高些, 原油中异胆甾烷比较富集。总的看来, 运移效应是存在的, 但油与岩之间没有出现明显分区。表明大民屯凹陷原油的运移距离很短,

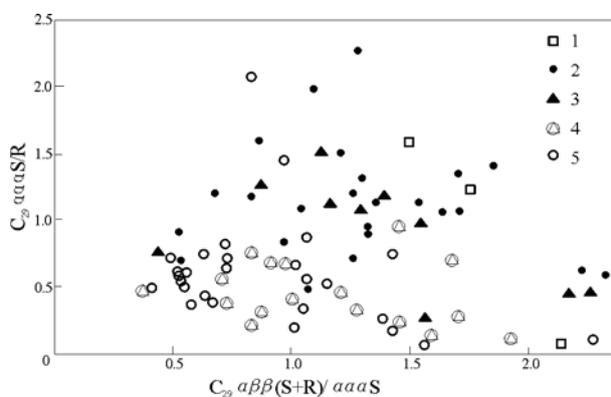


图 6 研究区潜山带油-岩甾烷参数的运移特征  
1. 低凝油; 2. 高蜡油; 3. 稀油; 4. 沙三段; 5. 沙四段

Fig. 6 Migration feature of the sterane parameters of oil-rock in the buried hills of the studied area

原油没有经过长距离运移而造成生物标记物的分异性。

#### 参考文献:

- 1 辽河油田石油地质志编辑委员会. 中国石油地质志(卷三)辽河油田[M]. 北京,石油工业出版社,1993
- 2 刘建中,张建英,安 欧. 潜山油气藏[M]. 北京:石油工业出版社,1999
- 3 叶加任,王连进,邵 荣. 油气成藏动力学中的流体动力场[J]. 石油与天然气地质,1999,20(2):182~185
- 4 叶加任,邵 荣,王连进. 辽河盆地大民屯凹陷流体压力场研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2000,25(2):127~131
- 5 钱一雄,蔡立国,顾 忆. 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[J]. 石油实验地质,2005,27(5):502~507
- 6 楼章华,金爱民,朱 蓉等. 论松辽盆地地下水动力场的形成与演化[J]. 地质学报,2001,75(1):111~120
- 7 揭克常. 东胜堡变质岩油藏[M]. 北京:石油工业出版社,1997
- 8 楼章华,姚炎明,金爱民等. 论松辽盆地地下流体化学特征研究[J]. 2002,22(4):343~349
- 9 蔡春芳,梅博文,李 伟. 塔里木盆地油田水文地球化学[J]. 地球化学,1996,25(6):614~623
- 10 郭建华,刘辰生,吴东胜等. 大民屯凹陷静安堡西侧低潜山油气成藏条件分析[J]. 中南大学学报(自然科学版),2005,36(2):329~334
- 11 谢文彦,姜建群,张占文等. 辽河盆地大民屯凹陷油气性质及成因机制研究[J]. 石油实验地质,2004,26(3):292~297
- 12 黄海平. 大民屯凹陷烃源岩中高分子量烃的形成与分布特征[J]. 石油实验地质,2000,22(4):297~318

## VARIETY REGULARITY OF OIL AS WELL AS FORMATION WATER PROPERTY AND HYDROCARBON GATHERING IN THE DAMINTUN SAG OF THE LIAOHE BASIN

Guo Jianhua<sup>1</sup>, Wu Dongsheng<sup>2</sup>, Liu Chensheng<sup>1</sup>

(1. School of Geoscience and Environment Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410083, China;  
2. Yangtze River University, Jingzhou, Hubei 434023, China)

**Abstract:** According to analysis of formation water and crude oil at the west Jinganpu of Damintun Sag in the Liaohe Basin, type NaHCO<sub>3</sub> formation water on the top of the burial hills in the studied area is dominant, type CaCl<sub>2</sub> appear in local area. The result reflects that environment on the top of the burial hills is open and water can alternate in this environment, but it is closed in local area. This enclosed environment is the result of close faults and overlying undercompacting mudstone. Mineralization degree of formation water has the trend that value increase from west to east and the lowest value in west is only 1 500 mg/L, but in east the value is amount to 9 378. 69 mg/L. The zone that presents high degree of mineralization is favorable area that gathers hydrocarbon. Physical property and geochemistry feature of crude oil indicate that migration length of hydrocarbon is short. But in this short distance, the crude property takes place great change. The changes of geochemistry feature show the hydrocarbon migration direction and gathering location.

**Key words:** formation water; buried hill; hydrocarbon migration; the Damintun Sag; the Liaohe Basin