

乌东斜坡带南一段油富集的主控因素分析

王雅春^{1,2}, 张晓玲^{1,2}, 袁红旗^{1,2}, 韩德金³, 张振伟⁴

(1. 东北石油大学 地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318;

2. 东北石油大学 油气藏形成机理与资源评价黑龙江省重点实验室, 黑龙江 大庆 163318;

3. 大庆油田有限责任公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712;

4. 大庆油田有限责任公司 第七采油厂, 黑龙江 大庆 163000)

摘要:通过对海拉尔盆地乌东斜坡带南屯组一段油富集规律的分析,揭示了该区南一段油富集的主控因素。研究表明,乌东斜坡带南一段发育的优质烃源岩,为南一段油的富集提供了重要来源;南一段发育辫状河三角洲沉积体系,其中有利的沉积相带和砂体分布区控制着油的丰富程度;研究区从注槽到断裂坡折带到缓坡带,总体表现为水—油—水的关系,控圈断裂的侧向封闭能力决定着圈闭的有效范围和油水边界。下一步南一段油的勘探和开发应以断圈封闭的油水界限内有利沉积相带和渗透性砂体区域为主要目标。

关键词:油气富集规律;主控因素;海拉尔盆地;乌东斜坡带;南屯组一段

中图分类号:TE121.1

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2012)03-0001-10

Dominative Factors of Oil Enrichment in the First Sector of Nantun Group in Wudong Slope Zone

WANG Yachun^{1,2}, ZHANG Xiaoling^{1,2}, YUAN Hongqi^{1,2}, HAN Dejin³, ZHANG Zhenwei⁴

(1. College of Geosciences, Northeast University of Petroleum, Daqing, Heilongjiang 163318, China;

2. Provincial Key Laboratory for Formation Mechanism of Oil Gas Reservoirs and Resources

Assessment, Northeast University of Petroleum, Daqing, Heilongjiang 163318, China;

3. Daqing Research Institute of Exploration & Development, Daqing, Heilongjiang 163712, China;

4. Oil Recovery Plant No. 7, Daqing Oilfield Co. Ltd, Daqing, Heilongjiang 163000, China)

Abstract: The analysis on the features of oil enrichment law in first sector of Nantun group (NI) revealed the dominative factors on the NI reservoir in the Wudong slope zone in Hailar basin. Results showed that the excellent source rocks in the NI provided the main source for the oil enrichment in NI reservoir. The braided stream delta sedimentary system was developed in the NI reservoir, in which the favorable sedimentary facies zone and permeable sand body controlled the oil enrichment degree. In the study area, from the subsag to the fault slope break, then, to the gentle slope, it appears the relationship from water to oil to water. Lateral sealing abilities of the faults determine the oil/water interfaces and limits of the traps. The next oil exploration and development objective should be in the favorable sedimentary facies and sandstones within the boundaries limited by the sealed faults.

Key words: oil-gas enrichment regularity; dominative factors; Hailar basin; Wudong slope zone; the first sector of Nantun group (NI)

断陷盆地勘探证实,构造坡折带是油气聚集的有利场所^[1-3]。乌东斜坡带是海拉尔盆地乌尔逊凹陷南部凹陷中心(乌南次凹)东部的斜坡带,构造上由西向东总体表现为从注槽到断裂坡折带到缓坡带逐渐抬升的单斜。截止到2008年,乌南次凹共有探井35口,评价井19口,其中南屯组一段(南一段)工业油流井9口,南屯组二段(南二段)工业油流井5口,工业气流井1口。发现的油藏类型多是岩性、断层-岩性和断块油气

收稿日期:2011-12-07

基金项目:国家自然科学基金项目(41072163);黑龙江省教育厅科学技术研究重点项目(21521Z006)

作者简介:王雅春(1967—),女,吉林长春人,教授,博士,主要从事石油地质方面的研究。E-mail:dqpiwyc@163.com

藏,埋藏浅,物性好^[4],展示出南一段良好的勘探前景^[5-6]。至 2011 年,陆续部署 7 批开发方案,南一段工业油流井增至 12 口。但是由于乌东斜坡带南一段表现出的复杂油水关系,对于油气富集规律以及主控因素认识不清的问题一直制约着油田的有效开发。深入剖析南一段油富集的规律,分析油富集的控制因素,搞清油水分布界限,为下一步油田的高效勘探开发部署及扩边提供重要的参考。

1 研究区地质概况

海拉尔盆地位于内蒙古自治区呼伦贝尔盟境内,为中、新生代多旋回、叠合式、断陷-拗陷型盆地。盆地演化主要经历了地壳隆起、断陷、拗陷、萎缩等 4 个阶段^[7]。乌尔逊凹陷南部地区是海拉尔盆地的主要勘探地区之一,勘探面积约 1 300 km²,东临巴彦山隆起,西接嵯岗隆起,北与乌尔逊凹陷北洼相通,南部通过巴彦塔拉潜山披覆构造与贝尔凹陷相连。本次研究的乌东斜坡带是指以乌尔逊凹陷乌南次凹中心以东,向西至乌尔逊凹陷东部的边界部位(图 1),钻遇的地层从上到下依次为第四系(Q)、第三系(R)、白垩系青元岗组(K₂q)、伊敏组(K₁y)、大磨拐河组(K₁d)、南屯组(K₁n)、铜钵庙组(K₁t)、基底(J₃b)。该区的南屯组地层是重要的产油层之一,分为南屯组一段和二段,发育于湖盆断陷期辫状河三角洲前缘相的南一段地层是该区的主力油层组^[8],依据地层沉积旋回、岩性特征并参考地层厚度,本文研究的南一段油层组主要是南一段的上油层组,其自下而上可以划分为 14 个小层(NI₁—NI₁₄)。

2 油气富集规律

乌东斜坡带纵向上主要发育了 5 套储盖组合:铜钵庙组(K₁t)底部、南一段(K₁n₁)下部、南一段(K₁n₁)上部、南二段(K₁n₂)—大磨拐河组一段(K₁d₁)、大磨拐河组二段(K₁d₂),尽管纵向上油气显示活跃,但是不同层系却表现出明显的不均衡性,乌东斜坡带的油分布在南一段储盖组合中的居多(表 1)。

从宏观上看(图 2),乌东斜坡带南一段的油主要富集在乌 27—乌 31—乌 154-82—乌 130-100—乌 33 一线。两侧主要为产水区。含油带西侧乌 20—乌 16-1—乌 16 井一线南一段测井解释主要为水层、干层,此含油带东侧乌 28—乌 184-84—乌 174-84—乌 25 井测井解释也均为水层,所以乌 27—乌 31—乌 130-100 东侧继承性发育的断层是控制油水分布的主控断层。平面上的含油区受断裂、岩性双重控制,自北而南含油性呈现“好—差—好”的规律分布,同一块体内部油水关系总体表现为上倾方向逐渐变好^[9]。

纵向规律是上部油层下部水层或上部油层下部干层,同时也有油水夹层存在,下部层位多表现为油水同层的特点(表 2)。油在各区块 14 个小层分布的层位也存在明显的差异,总体上表现为由北往南含油层位逐渐变深的特点^[9]。

3 油气富集的主控因素

3.1 烃源岩

海拉尔盆地乌尔逊凹陷主要生油岩系为南屯组,次为大磨拐河组及铜钵庙组。南屯组是盆地内最好的烃源岩^[10],优质烃源岩^[11]最为发育,其中南一段优质烃源岩质量最好,主要表现在:①烃源岩层薄,累计厚度较大。单层厚度多在 1~7 m,累计最大厚度在凹陷北部苏 35 井附近,约为 60~70 m,但分布面积相对较小;南部优质烃源岩最大厚度位于乌 17 井附近,约为 50~60 m。总有机碳(total organic carbon, TOC)含量较高(TOC>5.00%),类型好(以 I 型为主,少量为 II₁型),生烃潜力大(优质烃源岩的生烃潜力 S₁+S₂>20 mg/g)。③有机质多处于成熟演化阶段(镜质体反射率 R_o>0.7%)^[11]。

类异戊二烯烷烃参数姥鲛烷与 C₁₇ 的比(Pr/nC₁₇)和植烷与 C₁₈ 的比(Ph/nC₁₈)是判别源岩有机质沉积环境和进行油源对比的常用指标。相似环境的类异戊二烯烷烃组成与分布特征相近^[12]。南一段原油的 Pr/nC₁₇ 和 Ph/nC₁₈ 与南一段暗色泥岩的 Pr/nC₁₇ 和 Ph/nC₁₈ 最接近(图 3),可以认为它们具有亲缘关系。原油的奇偶优势比(odd even predominance, OEP)值可以反映原油和源岩的成熟度^[12],南一段原油的 OEP 值与南一段暗色泥岩的 OEP 值也最接近(表 3),说明乌东斜坡带南一段发育的优质烃源岩,为油的富集提供了有利来源。前人研究也表明南一段的暗色泥岩是乌东斜坡带南一段目前发现的油气资源的主要贡献者^[13-14]。

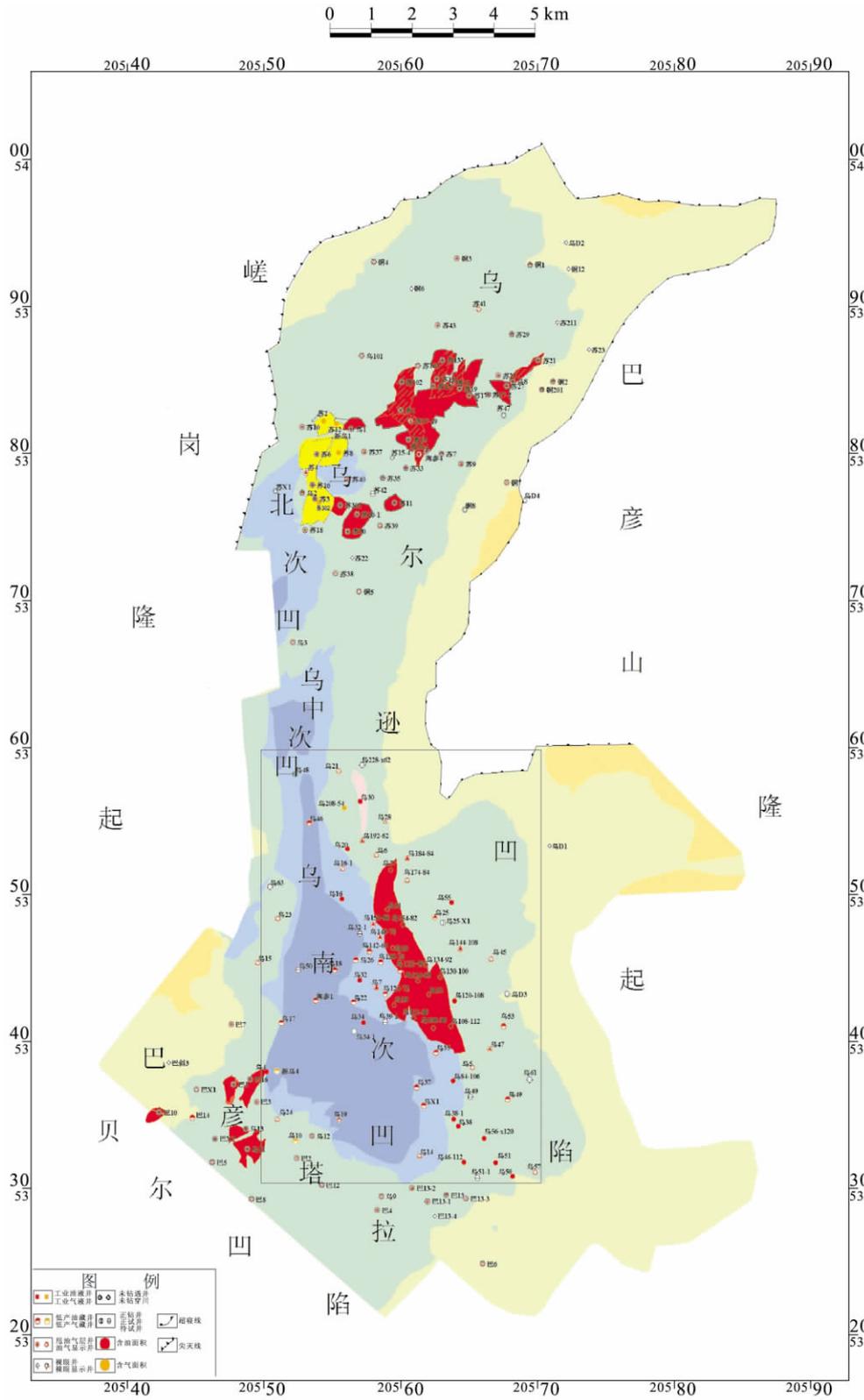


图 1 研究区的构造位置图(据大庆勘探开发研究院,2009)

Fig. 1 Sketch of tectonic location of the study area (from Daqing Exploration and Development Research Institute,2009)

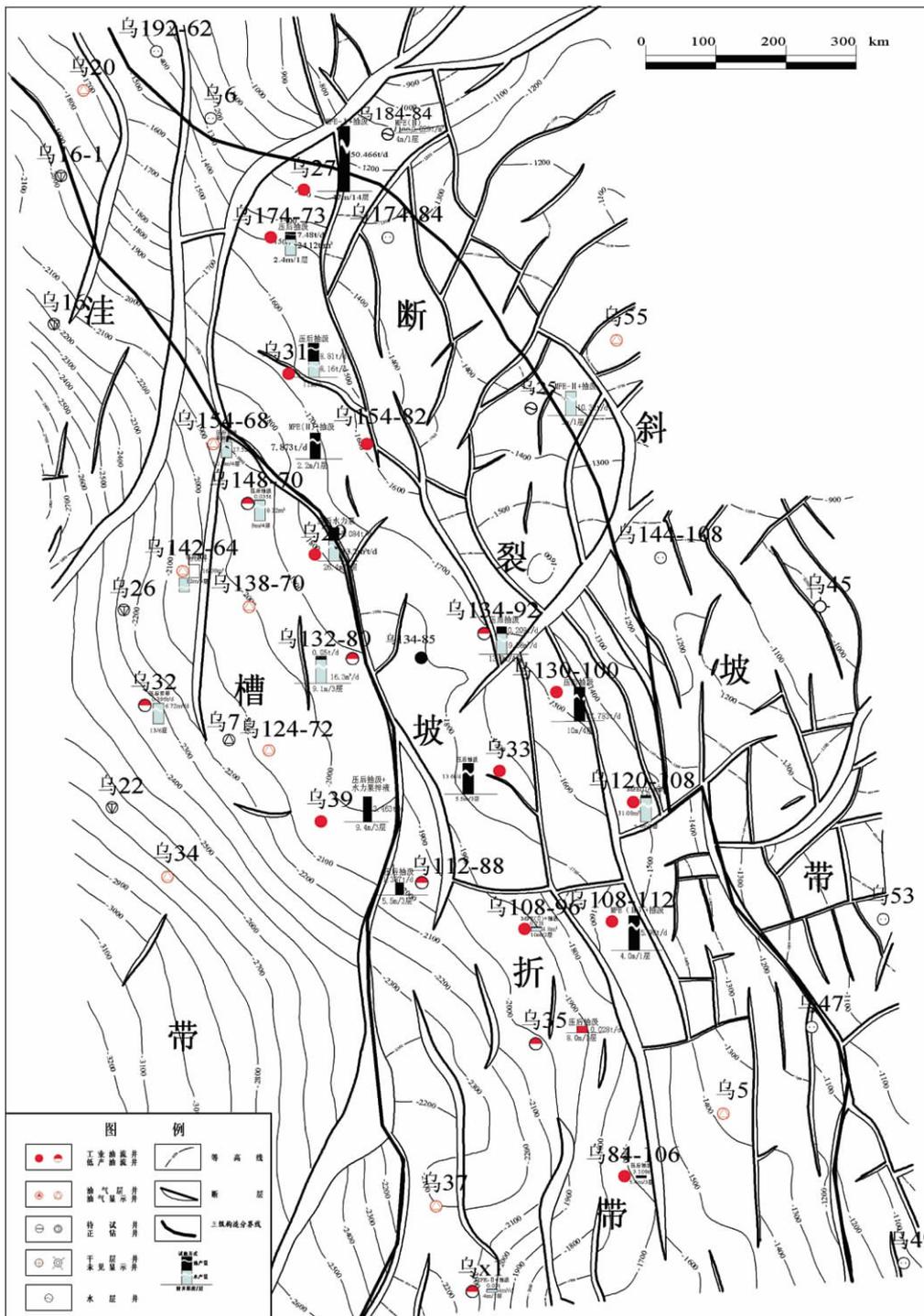


图 2 研究区南一段油水分布图

Fig. 2 The oil and water distribution in the first sector of Nantun group in the study area

3.2 沉积环境

研究区内 9 口井地层倾角测井解释结果表明, 各层组古水流方向以 NW—SE 向为主, 其方向与断裂走向轨迹基本一致, 因此该区砂体延伸方向应以 NW—SE 为主。进一步研究认为本区主要发育有两大主要物源, 一是 NE 方向延长轴的沉积体, 水下分流河道自乌 21 井、乌 27 井向南延伸至乌 31 井、乌 29 井附近; 二

表 1 研究区油气分布的层位及其产能表

Tab.1 Strata and capacity of oil and gas distribution in the study area

井号	层位	部分层段/m	产能/(t·d ⁻¹)
乌 32	K ₁ d ₂	1 402.0~1 415.5	28.883
乌 20	K ₁ d ₂	1 302.8~1 305.2	15.156
乌 16	K ₁ d ₂	1 470.6~1 476.4	10.585
乌 27	K ₁ n ₁	1 997.4~1 901.8	50.466
乌 174-73	K ₁ n ₁	2 127.6~2 130.0	7.480
乌 31	K ₁ n ₁	2 285.5~2 400.8	8.810
乌 154-82	K ₁ n ₁	2 209.4~2 211.6	7.870
乌 134-92	K ₁ n ₁	2 463.5~2 502.0	6.130
乌 130-100	K ₁ n ₁	2 106.2~2 144.4	37.783
乌 33	K ₁ n ₁	2 363.0~2 378.5	13.600
乌 120-108	K ₁ n ₁	2 142.6~2 148.0	3.200
乌 108-112	K ₁ n ₁	2 208.0~2 234.0	7.510
乌 84-106	K ₁ n ₁	2 478.3~2 542.5	3.108
乌 29	K ₁ n ₁	2 407.0~2 572.0	3.084
乌 39	K ₁ n ₁	2 772.4~2 827.0	3.860
乌 208-54	K ₁ n ₂	1 945.0~1 953.5	56 896*
乌 30	K ₁ n ₂	1 671.0~1 675.0	24.160
乌 51	K ₁ n ₂	1 471.0~1 474.0	1.400
乌 38	K ₁ n ₂	1 945.0~1 948.0	4.740
乌 84-106	K ₁ n ₂	2 167.0~2 220.7	3.150
乌 55	K ₁ n ₂	1 526.6~1 529.0	3.102
乌 56-X120	K ₁ n ₂	1 773.5~1 785.5	19.205
乌 134-92	K ₁ t	2 612.0~2 618.0	3.636
乌 112-88	K ₁ t	2 917.0~2 923.2	17.71/1 136*

*产气量(m³·d⁻¹)

表 2 研究区南一段纵向上油水分布特点表

Tab.2 Vertical distribution of oil and water from the first sector of Nantun group in the study area

井号	射孔井段/m	方式	试油结论
乌 108-112	2 183.0~2 187.0	MFE(II)+抽汲	工业油层
	2 208.0~2 234.0	压后泵排	工业油层
	2 338.8~2 363.4	压后抽汲	干层
乌 108-96	2 629.6~2 651.4	压后抽汲	低产油层
	2 766.6~2 769.2	压后抽汲	低产油层
	2 766.6~2 769.2	MFE(II)+抽汲	干层
乌 29	2 407.0~2 453.0	压后抽汲	低产油层
	2 407.0~2 572.0	压后水力泵	含水工业油层
	2 493.0~2 572.0	压后抽汲	低产油层
	2 557.4~2 560.0	MFE-II	低产油层
乌 148-70	2 541.0~2 566.4	压后抽汲	低产油水层
	2 590.6~2 604.0	压后抽汲	水层
	2 630.6~2 635.0	压后水力泵排液	水层
	2 702.0~2 724.0	MFE(II)+抽汲	水层
乌 31	2 285.5~2 305.2	压后 MFE-II + 抽汲	含水工业油层
	2 331.8~2 334.4	压后抽汲	低产油层
	2 394.0~2 400.8	MFE-II	干层
	2 439.8~2 441.6	MFE-II	干层
乌 27	1 928.8~1 922.6	MFE(II)+抽汲	工业油层
	1 955.4~1 950.2	MFE(II)+抽汲	工业油层
	1 991.0~1 997.4	MFE-II 抽汲	含水工业油层
	1 997.4~1 901.8	MFE-I+抽汲	工业油层
	2 007.6~2 003.4	MFE(II)+抽汲	含水工业油层

表 3 研究区原油和泥岩 OEP 值的统计结果表

Tab.3 Statistics of the OEP values in the crude oil and the mudstone in the study area

样品	K ₁ n ₁ 油样	K ₁ n ₁ 油砂	K ₁ d ₂ 泥岩	K ₁ d ₁ 泥岩	K ₁ n ₂ 泥岩	K ₁ n ₁ 泥岩
	0.988(5)	1.045(23)	1.412(20)	1.162(7)	1.137(39)	1.098(47)
OEP	0.93~1.05	0.95~1.10	0.74~2.97	1.02~1.35	1.02~1.27	1.01~1.64

是来自东南方向的物源,沉积了辫状河三角洲砂体,自东南方向乌 14 井向西北方向沉积,延伸至乌 35 井附近。南一段总体为辫状河三角洲前缘亚相沉积,以分流河道沉积砂体为特征,相应地,在河道两侧发育河道间沉积微相,在河道尽头发育河口坝和席状砂微相(图 4),砂体的发育情况受控于沉积相带展布。区内 110 多口完钻井资料表明,南一段单井平均钻遇砂岩厚度 90.3 m,单砂岩厚度在 0.1~25.2 m 之间,主要集中在 0.1~5 m 之间,占总厚度的 66.3%,占总层数的 90.2%,小于 2.0 m 单砂岩占总厚度的 27.7%,总层数的 59.9%,可见本区砂岩发育以中、薄层为主,厚层较少(图 5)。

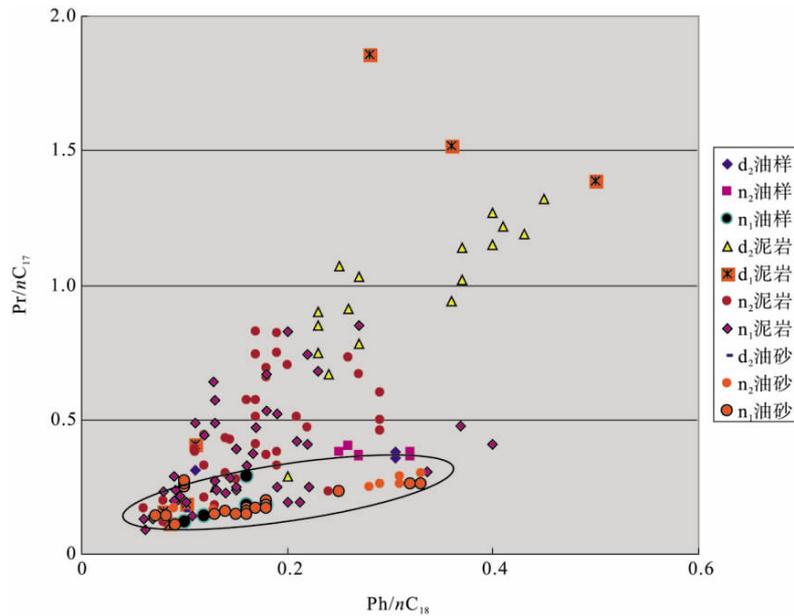


图 3 研究区源岩和油的关系图

Fig. 3 Relation between the source rock and the crude oil in study area

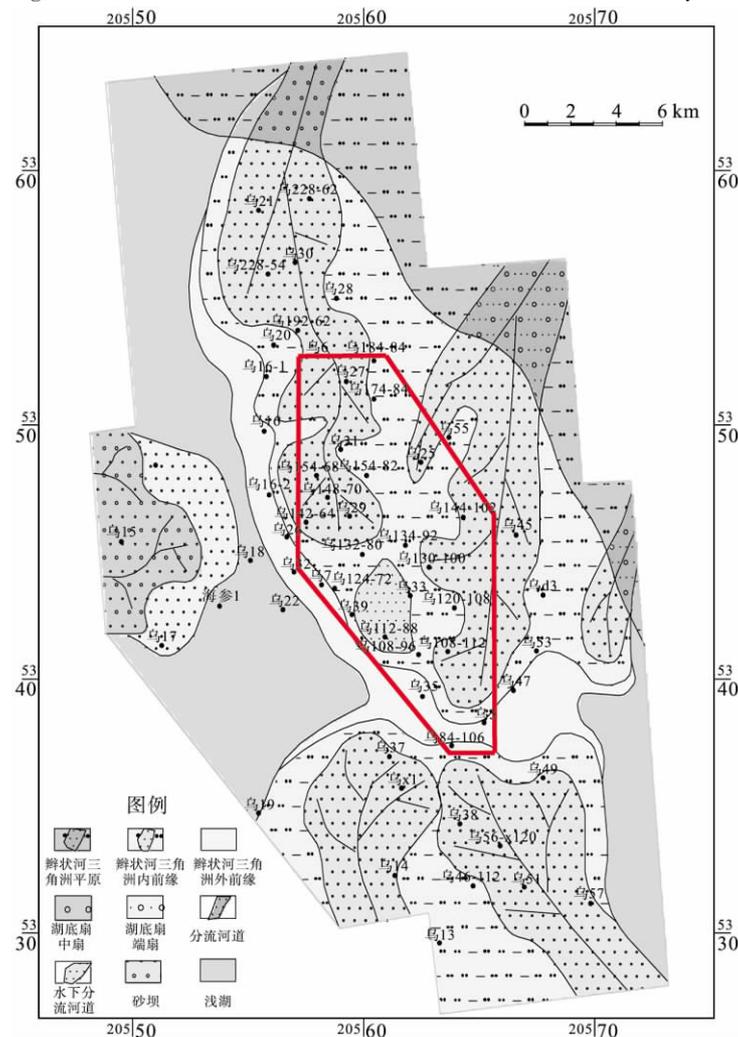


图 4 乌尔逊凹陷南部南一段 1 砂组沉积相平面图 (据大庆油田勘探开发研究院, 2008)

Fig. 4 Facies distribution of No. 1 sand group of Nantun-1 formation in the southern Wuerxun depression (from the Exploration & Development Research Institute of Daqing Oilfield, 2008)

沉积相带和砂体分布控制了油的丰富程度,孤立的透镜状砂体(河口砂坝砂体)是工业油流井(乌39井7.30 t/d);对于位于辫状河三角洲内前缘分流河道微相末端的井由于储集相带变差,多是低产油流井(乌29井0.016 t/d、乌132-80井0.05 t/d),而位于分流河道中间部位的井多是工业油流井,产量较高,如乌27、乌174-73、乌31、乌154-82、乌33、乌130-100、乌108-112等井,最小日产油量7.48 t/d。

3.3 构造格局

乌东南一段含油带北从乌27井起南至乌84-106井,东由乌144-108井西至乌7井均见含油层,乌7井以西位于乌南次凹洼槽带,发育了南屯组和大磨拐河组的泥岩,是本区的主要生油岩区;乌27井—乌31井—乌33井—乌108-112井位于构造坡折带,东与乌28井—乌25井相邻,西与生油凹陷中心相连,受断裂控制,发育有断块、断鼻等构造,同时北东方向延伸至生油凹陷中心的砂岩发育条带,与断层有机地结合,形成岩性-断层圈闭。从洼槽到断裂坡折带到缓坡带,总体表现为水—油—水的关系,油藏东部边界为近南北向断层所控制,断层东侧南一段普遍含水,而自洼槽向断裂坡折带方向产能明显增大(图2)。

3.4 断层的侧向封闭性

断层的侧向封闭性,即断层面在侧向上阻止流体穿越断层运移的能力,其本质是断裂带与围岩之间的差异渗透能力^[15-17]。在油气供给充足的前提下,油气进入断圈后能否聚集主要取决于断层封闭性。断层是一个长度、断裂带宽度与断距呈正相关关系的三维地质体,由于碎裂、泥岩涂抹及胶结作用,使断裂带比围岩具有更低的渗透能力,从而起到封闭油气的作用。断裂带渗透性是非均质的,各个位置所能封闭的烃柱高度大小不一,伴随着油气注入圈闭,浮压越来越大,当浮压与断裂带最小封闭压力相等时,油气沿着该点开始渗漏,此时的烃柱高度就是断层所能封闭的最大烃柱高度。因此,断裂封闭能力最弱的点决定断圈的油水界面。决定断层封闭能力关键因素为断裂带中泥质含量。目前有多种计算泥质含量的方法,如泥岩涂抹因子 SSF (shale smear factor)、泥岩涂抹势 CSP (clay smear potential)和断层泥比率 SGR (smear gouge ratio),野外定量表征这些计算方法的结果与实际测试断裂带中泥质含量误差最小的是 SGR 法,关系式为:

$$H = \frac{10^{\left(\frac{SGR}{d} - c\right)}}{(\rho_w - \rho_o)g} \quad (1)$$

其中: H —断层面某点支撑的烃柱高度, m ; SGR —断层面某点断层泥比率, $0 \sim 100\%$; d —需要标定的参数, $0 \sim 200$; c —常数,当埋深小于 $3\ 000\ m$ 时为 0.5 ,当埋深为 $3\ 000 \sim 3\ 500\ m$ 时为 0.25 ,当埋深超过 $3\ 500\ m$ 时为 0 ; ρ_w —油藏中水的密度, kg/m^3 ; ρ_o —油藏中油的密度, kg/m^3 ; g —重力加速度, m/s^2 。 d 为与实际地质条

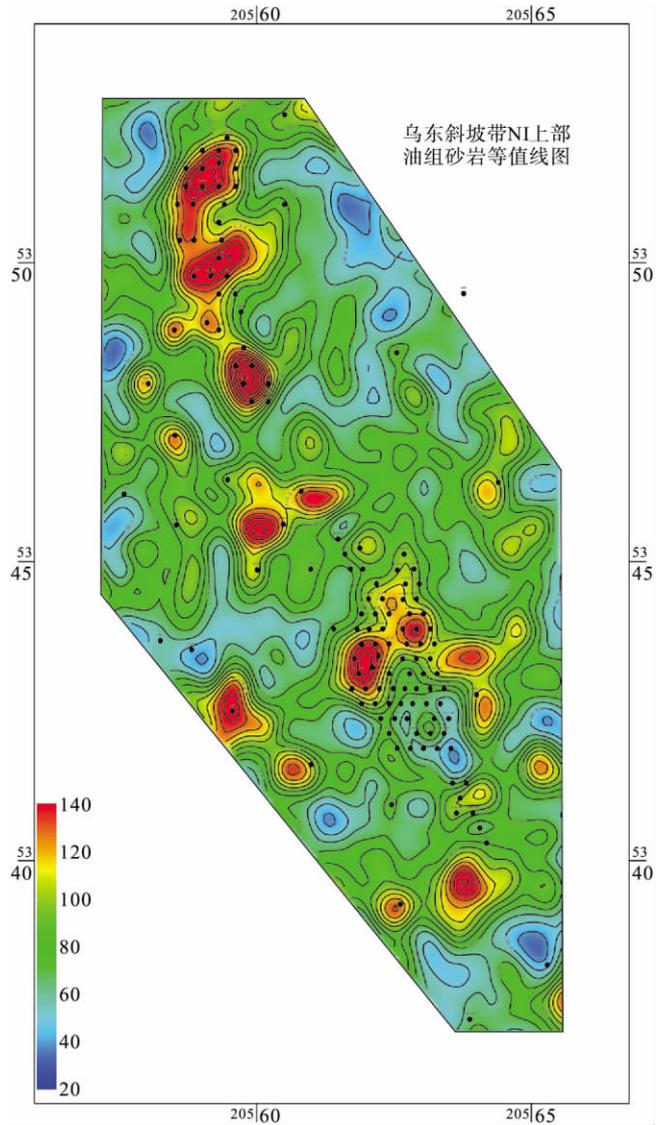


图5 研究区南一段砂岩等值线图

Fig. 5 The contour map of sand body thickness in the Nantun-1 formation in the study area

件有关的变量,不同盆地、同一盆地不同区带存在差异,一般而言, d 为临界 SGR 值 2 倍。假定临界的 SGR 为一定值,建立断层所能封闭的烃柱高度与 SGR 关系,计算已知油水界面的油藏中断层所能封闭的最大烃柱高度和油水界面,当计算值与实际油水界面吻合时,这个假定的 SGR 值就是临界值。

依据上述原理对研究区控圈断层侧向封闭能力进行定量评价,通过预测的油水界面与已钻井证实的油水分布进行对比,可以验证预测结果是否真实可靠。如乌 33 区块构造主要受 TB83 和 TB83-2 两条断裂控制形成断圈(图 6),计算得到的圈闭油水界面为 $-1\ 750.1\text{ m}$ (表 4)。该断圈已钻井为乌 33 井及一系列开发井,从试油数据得到,乌 33 井为工业油层,构造高部位开发井均为产油井,油水界面大概位于 $-1\ 750\text{ m}$,与所预测的结果吻合(图 7)。乌 27 区块构造主要受 TB94 和 WD64 两条断裂联合控制形成断圈。计算得到的圈闭油水界面为 $-1\ 393.7\text{ m}$ (表 3)。该断圈已钻井为乌 27 井及一系列开发井,从开发生产井分析得到,乌 176-72 井产水,乌 176-74 井和乌 176-76 井产油,说明实际油水界面大概位于 $-1\ 390\text{ m}$,与所预测的结果吻合(图 5)。

表 4 乌 33 区块和乌 27 区块南一段控圈断层侧向封闭能力分析结果表

Tab. 4 Analysis results of the lateral sealing capacities of faults controlling the traps in the first sector of Nantun group of blocks Wu33 and Wu27

圈闭名称	圈闭高点 埋深/m	构造溢出处 埋深/m	圈闭幅度 /m	断层封闭性分析				预测圈闭烃 柱高度/m	预测圈闭 油水界面/m
				控制断层	控制高点/m	油水边界/m	烃柱高度/m		
乌 33 区块	-1 610	-1 750	140	TB83	-1 620	-1 833.5	213.5	130.1	-1 750.1
				TB83-2	-1 620	-1 750.1	130.1		
乌 27 区块	-1 225	-1 500	275	TB94	-1 225	-1 394.5	169.5	168.7	-1 393.7
				WD64	-1 225	-1 393.7	168.7		

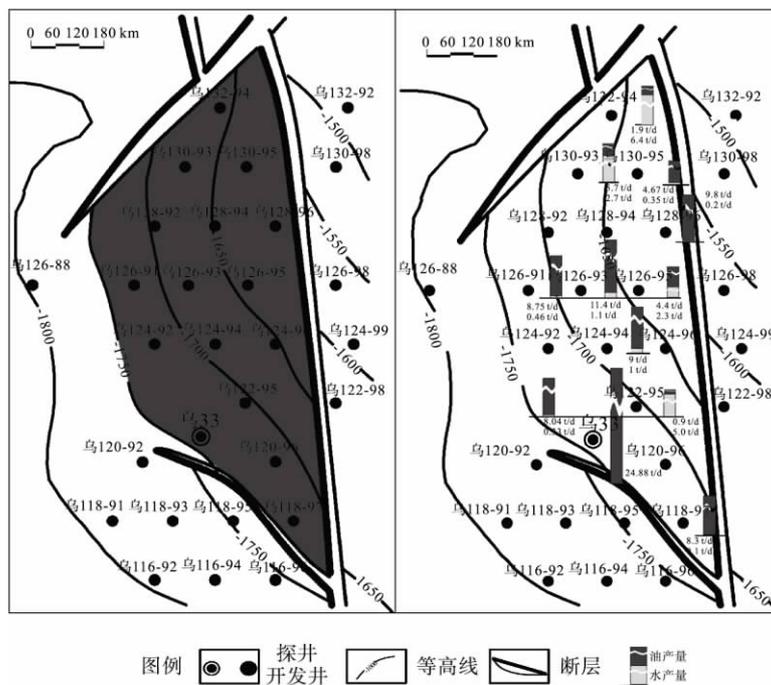


图 6 乌 33 区块断层封闭性分析的油水界面和试油结果分布图

Fig. 6 Predicted boundary of the oil & water and the test result in the block Wu33

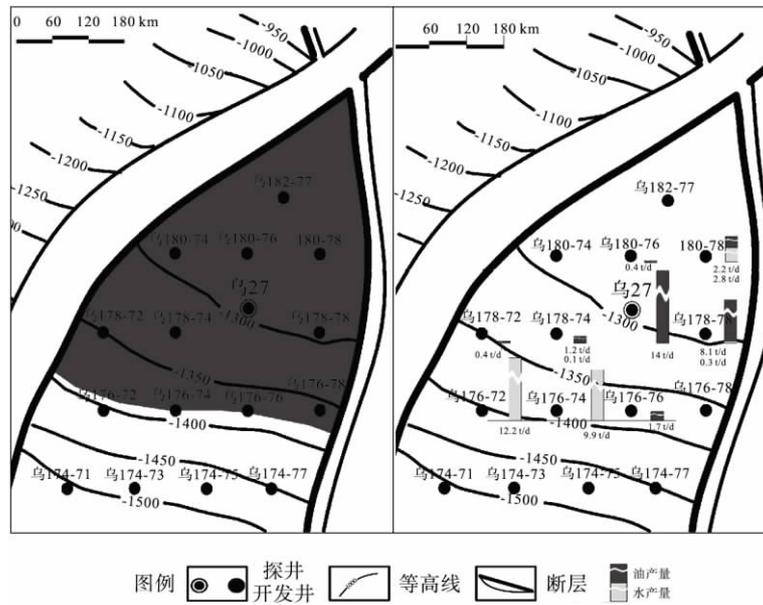


图 7 乌 27 区块断层封闭性分析的油水界面和试油结果分布图
Fig. 7 Predicted boundary of the oil & water and the test result in the block Wu27

4 结论

- 1) 乌东斜坡带南一段优质烃源岩发育, 具有单层薄、累计厚度大、丰度高、类型好、有机质多已成熟的特点, 可以为南一段油的富集提供重要的来源。
- 2) 南一段发育辫状河三角洲沉积体系, 河口砂坝砂体和分流河道间砂体多见工业油流井, 前缘分流河道微相末端由于储集相带变差, 多是低产油流井。
- 3) 构造上从洼槽到断裂坡折带到缓坡带, 总体表现为水—油—水的关系, 圈闭的油水边界主要与控圈断裂的侧向封闭能力和砂体的分布有关。
- 4) 有利沉积相带和渗透性砂体区域以及控圈断裂的侧向封闭能力是南一段油富集的主控因素。在有充分油气源供给的情况下, 控圈断裂侧向封闭能力界限以内的有利沉积相带和渗透性砂体区域应是油气勘探的主要目标。

参考文献:

[1] 杨帆, 于兴河, 张峰, 等. 冀中拗陷饶阳凹陷蠡县斜坡带层序地层发育模式及主控因素[J]. 古地理学报, 2010, 12(1): 82-89.
YANG Fan, YU Xinghe, ZHANG Feng, et al. Sequence stratigraphic model and key controlling factors of Lixian slope in Raoyang sag, Central Hebei depression[J]. Journal of Palaeogeography, 2010, 12(1): 82-89.

[2] 李丕龙. 陆相断陷盆地缓坡带油气运聚规律研究[D]. 兰州: 中国科学院兰州地质研究所, 2002.

[3] 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. 构造坡折带-断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2000, 25(3): 260-265.
LIN Changsong, PAN Yuanlin, XIAO Jianxin, et al. Structural slope-break zone: Key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins[J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(3): 260-265.

[4] 袁丽华. 坡折带理论在海拉尔盆地乌东斜坡带隐蔽圈闭勘探中的应用[J]. 天然气勘探与开发, 2007, 30(3): 29-31.
YUAN Lihua. Application of the slope-break theory to subtle trap exploration of Wudong slope in Hailaer basin[J]. Natural Gas Exploration and Development, 2007, 30(3): 29-31.

[5] 董万百, 吴河勇, 齐玉林, 等. 海拉尔盆地坡折带成藏类型与勘探突破方向[J]. 石油学报, 2006, 27(B12): 7-13.
DONG Wanbai, WU Heyong, QI Yulin, et al. Reservoir-forming types and exploration targets in slope break belts of Hailaer

- basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2006, 27(B12): 7-13.
- [6] 张文宾, 陈守田, 周俊宏. 海拉尔盆地油气分布规律及成藏模式[J]. 大庆石油学院学报, 2004, 28(6): 8-10.
ZHANG Wenbin, CHEN Shoutian, ZHOU Junhong. Oil-gas accumulation model analysis in Hailaer basin[J]. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 2004, 28(6): 8-10.
- [7] 张晓东, 刘光鼎, 王家林. 海拉尔盆地的构造特征及其演化[J]. 石油实验地质, 1994, 16(2): 119-127.
ZHANG Xiaodong, LIU Guangding, WANG Jialin. Structural characters of the Hailaer basin and its geological evolution[J]. *Experimental Petroleum Geology*, 1994, 16(2): 119-127.
- [8] 马中振, 庞雄奇, 王洪武, 等. 海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷断层控藏作用[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2009, 31(6): 28-31.
MA Zhongzhen, PANG Xiongqi, WANG Hongwu, et al. Study on fault controlling hydrocarbon accumulation in Wuerxun-Beier sag, Hailaer basin[J]. *Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition*, 2009, 31(6): 28-31.
- [9] 高微, 高伟. 海拉尔盆地乌东斜坡带南一段油水分布规律研究[J]. 内蒙古化工, 2010(8): 203-204.
GAO Wei, GAO Wei. Research on oil-water distribution in the slope belt of Wudong, Hailaer basin[J]. *Inner Mongolia Petrochemical Industry*, 2010(8): 203-204.
- [10] 冯志强, 任延广, 张晓东, 等. 海拉尔盆地油气分布规律及下步勘探方向[J]. 中国石油勘探, 2004(4): 19-22.
FENG Zhiqiang, REN Yanguang, ZHANG Xiaodong, et al. Law of oil and gas distribution in Hailaer basin and orientation for exploration at next stage[J]. *China Petroleum Exploration*, 2004(4): 19-22.
- [11] 刘新颖, 邓宏文, 邸永香, 等. 海拉尔盆地乌尔逊凹陷南屯组优质烃源岩发育特征[J]. 石油实验地质, 2009, 31(1): 68-73.
LIU Xinying, DENG Hongwen, DI Yongxiang, et al. High quality source rocks of Nantun formation in Wuerxun depression, the Hailaer Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2009, 31(1): 68-73.
- [12] 王雅春, 徐光波, 刘洛夫. 宋站南地区葡萄花和扶杨油层的油源分析[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2011, 35(3): 36-41.
WANG Yachun, XU Guangbo, LIU Luofu, et al. Oil-source correlation of Putaohua and Fuyang oil layers in South Songzhan area, Songliao basin[J]. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science*, 2011, 35(3): 36-41.
- [13] 揭异新, 袁月琴, 王斌. 海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷白垩系原油地球化学特征及油源对比[J]. 石油实验地质, 2007, 29(1): 82-87.
JIE Yixin, YUAN Yueqin, WANG Bin. Geochemical characteristics of the Cretaceous oil and correlation of oil to source rock in Wuerxun and Beier depressions, the Hailaer basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2007, 29(1): 82-87.
- [14] 申家年, 郭金荣, 霍秋立, 等. 海拉尔盆地主要凹陷的成藏期[J]. 大庆石油学院学报, 2005, 29(2): 1-3.
SHEN Jianian, GUO Jinrong, HUO Qiuli, et al. Period and time of oil accumulation in major depressions, Hailaer basin[J]. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 2005, 29(2): 1-3.
- [15] 石波. 乌尔逊凹陷不同构造活动时期断裂输导油气能力评价[J]. 大庆石油学院学报, 2008, 32(4): 5-8.
SHI Bo. Evaluation of transporting ability of faults in Wuerxun depression in different structural motion periods[J]. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 2008, 32(4): 5-8.
- [16] 付晓飞, 沙威, 于丹, 等. 松辽盆地徐家围子断陷火山岩内断层侧向封闭性及天然气成藏[J]. 地质论评, 2010, 56(1): 60-66.
FU Xiaofei, SHA Wei, YU Dan, et al. Lateral sealing of faults and gas reservoir formation in volcanic rocks in Xujiaweizi fault depression[J]. *Geological Review*, 2010, 56(1): 60-66.
- [17] 付晓飞, 李文龙, 吕延防, 等. 断层侧向封闭性及对断圈油水关系的控制[J]. 地质论评, 2011, 57(3): 287-397.
FU Xiaofei, LI Wenlong, LV Yanfang, et al. Quantitative estimation of lateral fault seal and application in hydrocarbon exploration[J]. *Geological Review*, 2011, 57(3): 287-397.