

朝阳沟油田杨二段古今构造对油藏分布控制作用分析

李广兴¹, 吴勇¹, 杨威², 陆鹏³

¹西南石油大学地球科学与技术学院, 四川 成都

²中国石油大庆油田第十采油厂, 黑龙江 大庆

³中国石油集团测井有限公司西南分公司, 重庆

收稿日期: 2023年12月31日; 录用日期: 2024年2月16日; 发布日期: 2024年2月26日

摘要

利用现今构造、成藏期古构造、砂体分布、油源断裂匹配关系分析等方法, 探讨控制朝阳沟油田杨二段油藏分布的主控因素, 指出油藏分布有利区。朝阳沟油田杨二段油藏经历了嫩江组末期早期成藏和后期油藏调整两个阶段, 嫩江组末期杨二段古地貌高地与主砂体、油源断裂分布叠置区是原油初次运移的有利区, 后期构造变动造成早期油藏向现今构造高部位分布的构造圈闭和岩性圈闭方向调整。调整路径为新、老油藏之间的断裂和连片分布的砂体。朝阳沟背斜区、翻身屯背斜南段及南部斜坡区是后期油气调整最有利地区。

关键词

成藏分析, 油源断裂, 成藏期古地貌, 杨大城子油层, 朝阳沟油田

Analysis of Controlling Effect of Ancient and Modern Structure on Reservoir Distribution in Yang 2 Member of Chaoyanggou Oilfield

Guangxing Li¹, Yong Wu¹, Wei Yang², Peng Lu³

¹School of Geoscience and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu Sichuan

²The Tenth Oil Production Plant, PetroChina Daqing Oilfield Company, Daqing Heilongjiang

³Southwest Branch, CNPC Logging Company Limited, Chongqing

Received: Dec. 31st, 2023; accepted: Feb. 16th, 2024; published: Feb. 26th, 2024

Abstract

The main controlling factors of reservoir distribution in Yang 2 Member of Yangyanggou Oilfield are discussed and the favorable areas of reservoir distribution are pointed out by using the methods of present structure, paleostructure of reservoir forming period, sand body distribution and oil-source fracture matching. The reservoir of the second member of the Yang Formation in Chaoyanggou Oilfield has experienced two stages: early reservoir formation in the late Nenjiang Formation and late reservoir adjustment. The paleogeomorphic plateau of the second member of the late Nenjiang Formation, along with the main sand body and the overlapping area of oil source fault distribution, is a favorable area for the initial migration of crude oil. The late tectonic changes caused the adjustment of the early reservoir to the structural trap and lithology trap distributed in the high structural position. The adjustment path is the fracture and contiguous sand body between the old and new reservoirs. The Chaoyanggou anticlinal area, the south section of the Zhuantun anticlinal area and the southern slope area are the most favorable areas for oil and gas adjustment.

Keywords

Hydrocarbon Accumulation Analysis, Oil Source Fracture, Paleogeomorphology of the Accumulation Period, Yangdachengzi Oil Formation, Chaoyanggou Oilfield

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

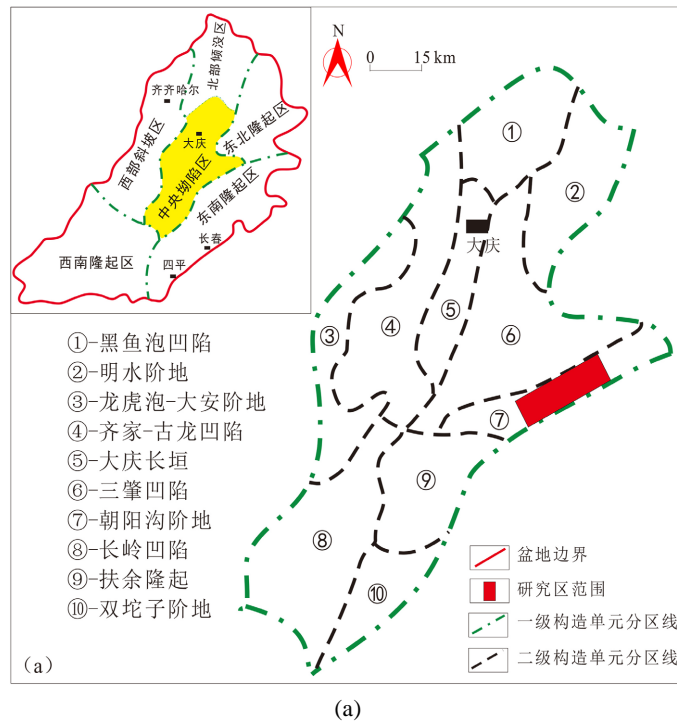
杨大城子油层是朝阳沟油田主力产层之一，经过多年的勘探开发，发现了较大规模油藏，但油藏类型多，油水关系不清楚，油藏分布十分复杂，这对该油田进一步评价和开发部署带来很大困难，因此，油藏成藏特征及主控因素是急需搞清楚的问题。前人对杨大城子油层的物性、沉积微相、原油地球化学及成藏主控因素等方面有了较为深入的研究。王海云等[1]对杨大城子油层物性特征进行了总结，认为杨大城子油层以低孔、特低孔微渗储层和中孔、低孔特低渗储层为主，少量为中孔低渗储层；冯子辉等[2]通过地球化学特征认为朝阳沟油田的油气主要来自其西北部的三肇凹陷青一段生油岩。张乐[3] [4] [5]等认为杨大城子油层为曲流河相，主要发育河床滞留、点坝、天然堤、决口扇、河漫滩等微相，并建立了曲流河沉积微相模式。付晓飞[6] [7] [8]等在系统油源对比的基础上，以断裂形成演化为核心，标定油源断层，分析断裂与砂体的配置关系及其控油规律并建立了成藏模式。尽管前人对杨大城子油层进行了多方面分析，但古、今构造特征对朝阳沟油田杨大城子油层油藏的分布有何控制作用方面鲜有涉及。

本次研究利用三维地震资料编制了杨二段现今构造图和成藏期古构造图，并叠合砂体分布和油源断裂，分析现今构造、成藏期古构造与砂体分布、油源断裂之间的匹配关系，结合井下含油显示与油藏分布特征，探讨控制朝阳沟油田杨二段油藏分布的主控因素，指出油藏分布有利区，这为杨二段油藏下一步评价与开发部署指明了方向。

2. 区域地质概况

朝阳沟油田位于松辽盆地中央坳陷区朝阳沟阶地及长春岭背斜带上(图 1(a))，由朝阳沟背斜、翻身屯背

斜、薄荷台和大榆树两个鼻状构造组成[9]。朝长地区构造的形成主要经历了中期和晚期两个阶段，泉头组至姚家组末期以伸展作用为主，受青一段早期强构造作用的影响，在区内形成多条断裂密集带，剖面上呈现出垒堑相间组合。嫩江组末期，开始发生挤压作用，褶皱和隆起出现，朝长地区形成正向构造雏形。之后又经历了两期强挤压的构造作用，朝长地区的构造幅度才进一步完善、定型，形成现今的构造格局[10] [11] [12]。研究区以青一段为生油层，扶余、杨大城子油层为储集层，青山口组为盖层的下部含油组合(图 1(b))。



地层系统				沉积相	生油气组	储层	盖层	含油气组合
系	组	段	地层厚度					
上白垩纪	明水	K _{2m}	二	0-381	浅滩相为主			浅部含油气组合
			一	0-243				
	四方台	K _{2s}		0-413	动水浅湖、浅滩、较深湖交替			
	嫩江组	K _{2n}	五	0-355				
			四	0-290				
			三	50-117	动水浅湖、浅滩			
			二	80-253				
	姚家	K _{2y}	一	27-222	深水、较深水湖相		萨尔图	上部含油气组合
			二	50-150	动力浅湖及三角洲相		葡萄花	
	青山口	K _{2qn}	三	10-80				
二			53-552					
一			25-164	较深水-浅湖相				
下白垩纪	泉头组	K _{1q}	四	0-128	大型深水湖湘、大型三角洲、曲流河		扶余	
			三	0-692				
			二	0-479				
			一	0-855				

(b)

Figure 1. (a) Structural location (modified from [18]) and (b) composite stratigraphic column of the study area

图 1. 研究区构造位置(据[18])及地层综合柱状图

3. 井下油藏特征

杨二段是杨大城子油层主力含油段，含油层为以低孔、特低孔微渗储层和中孔、低孔特低渗储层为主，少量为中孔低渗储层，单砂层厚度多小于 5 m，为典型的薄层致密砂岩储层。图 2 砂层垂向多期叠置，横向连续性较差，以单置型或孤立型河道砂体为主。杨二段油层主要分布在杨二段下部，井下已发现的油藏类型以断块油藏为主，也发育砂岩上倾尖灭岩性油藏和受构造及岩性双重控制油藏，在图 2(a) 油藏剖面中 C74 井、C961 井、C964 井及 C96 井附近被断裂分割为不同断块，断层遮挡形成断块圈闭，含油断块内部以纯油层为主，各断块油水纵向分布规律为上油下水或上油下干的特征，各断块内部具有同一油水界面。在图 2(b) 油藏剖面中 C94 井区背斜构造西南翼发育多个上倾尖灭单河道砂体岩性油藏。井下油藏剖面分析表明杨二段油藏类型多，油层横向分布和油水关系复杂，构造高部位发育油层，但也有水层、干层出现(图 2(a))，斜坡部分发育油层，但也有水层或干层出现(图 2(b))，因此，杨二段油藏主控因素复杂，油藏受多种因素控制，搞清楚杨二段油藏主控因素十分必要。

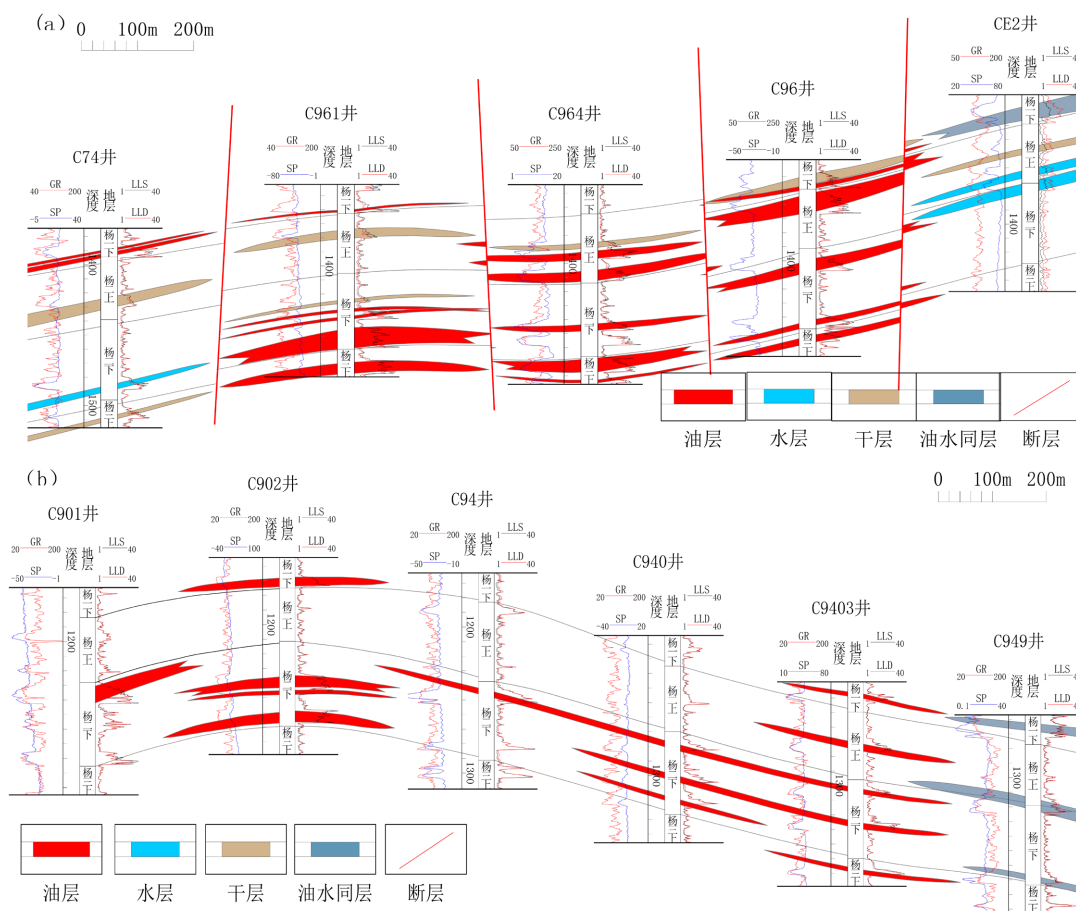


Figure 2. Types of the oil reservoirs in Yang 2 member in the study area (section location shown in Figure 3(a))
图 2. 研究区杨二段油藏类型剖面(剖面位置见图 3(a))

4. 古今构造对油藏的分布控制作用

4.1. 成藏期古地貌分布特征与主砂体、油源断裂匹配关系

根据前人研究成果表明研究区油气主要来源于西北三肇凹陷青山口组烃源岩生产的原油[13] [14]

[15], 据盆地模拟结果可得: 在嫩江组沉积末期, 青一段埋深达 1500 m 进入生油门限; 明水组沉积末期埋深达 1800 m 进入生油高峰期, 因此从嫩江组末期开始陆续有原油生成并排出。因此本研究区在白垩纪末(嫩江组末期)开始接收来自西北部三肇凹陷青山口组烃源岩生产的原油向西南和东南方向侧向初次运移到泉三段杨大城子油层的部分油气。因此, 对工区四方台及杨二段开展连片解释, 编制了四方台组底与杨二段顶地层厚度图以及采用井控平均速度变速成图法绘制了杨二段顶面构造图(图 3)。

研究区杨二段顶成藏期古地貌具有两隆两凹的特征(图 3(a)), 两隆起地貌为西部 C96 井区(翻身屯背斜带)和东部 C58 井区, C96 井区隆起地貌走向为 NE-SW, 呈条带状分布, 古凸起主体部分位于 C98-CE4-C86 井连线及以南地区, 其次为 C63-C61-C72-C96-CE6-C962 井连线及以南地区。东部 C58 井古凸起区走向主要为 NE-SW 向, 在研究区东部大范围分布, 古凸起主体部位位于 C57-C56-C86-F148-C11 井连线及以南地区, 其次为 CE1-C58-C15-C17-C14 井连线一带分布。两个凹陷地貌为 C96 井区古凸起地貌以西地区和中部两隆起地貌之间的 C94 井区, 下凹古地貌走向都为 NE-SW 向, 研究区西部下凹地貌范围小, 下陷幅度大。中部下凹古地貌范围大, 下陷幅度较小, 其中局部分布相对高地条带。

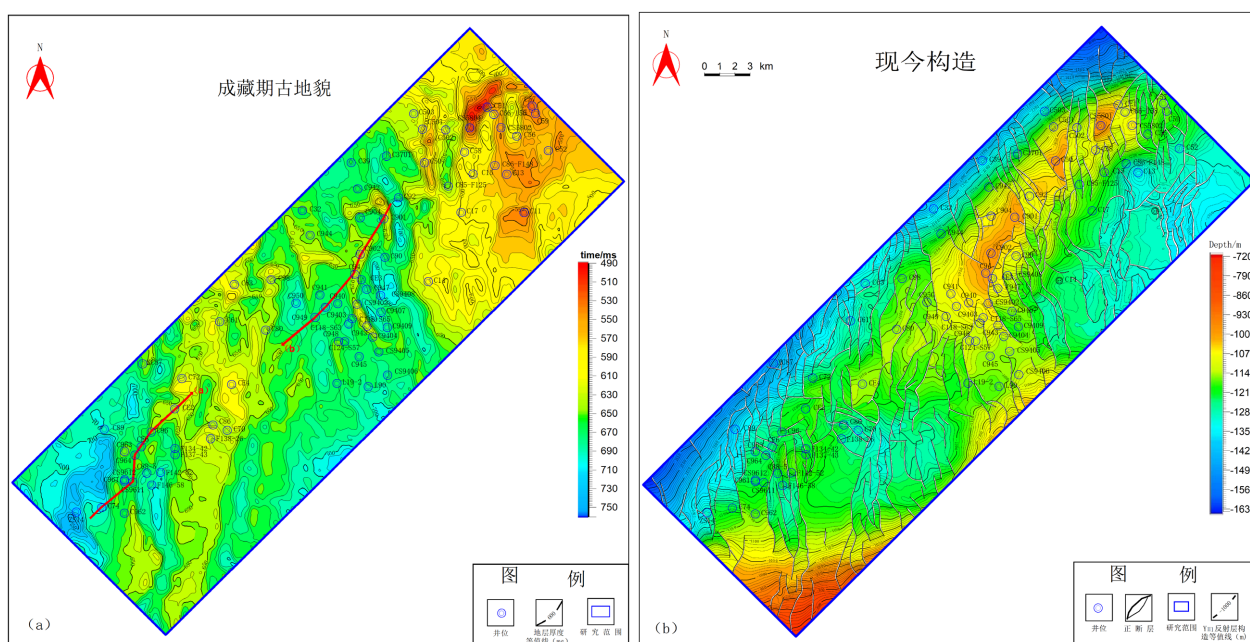


Figure 3. (a) The paleogeomorphology and (b) present structure of the second member of Yang Formation in the study area

图 3. 研究区杨二段成藏期古地貌及其现今构造

为准确预测研究区杨大城子油层致密砂岩空间分布特征, 引入了基于波形相控的波形指示模拟方法, 该方法反演结果具有更高的分辨率, 更适用于薄互层的识别。通过敏感参数曲线分析, 优选自然伽马(GR)曲线进行波形指示模拟, 实现了研究区杨二段致密砂岩的高精度预测(图 4)。由于油源断裂分布特征对油气的运移具有重要的控制作用[16] [17], 本次研究识别油源断裂条件有: a) 晚期断裂(上断至嫩江组上部地层, 下断到杨大成子油层); b) 断裂断距大、平面延伸长度大; c) 控制成藏期古地貌高地; d) 断层附近砂体比较发育; e) 已发现油藏相匹配。根据这些条件识别出杨二段顶界面的油源断裂分布(图 5(a))。

在成藏期古地貌的基础上, 将泉三段杨大城子油层杨二段砂体厚度以及杨二段顶油源断裂叠加在其对应成藏期古地貌图上(图 5(b), 图 4)。图中表明成藏期地貌高地分布的砂体是油气初次运移有利方向及聚集主要场所。其中西部 C96 井区(翻身屯背斜带)古地貌高地与河道主砂体和油源断裂叠置程度最好,

东部 C58 井区古地貌高地区油源断裂虽较为发育，但主砂体欠发育，不是油气初次运移较好的有利区。C94 井区所在的中部凹陷古地貌区在杨二段河道主砂体及油源断裂都较为发育，与该低地貌区局部分布的相对高地条带叠置程度较好，也是油气运移较为理想的有利区。

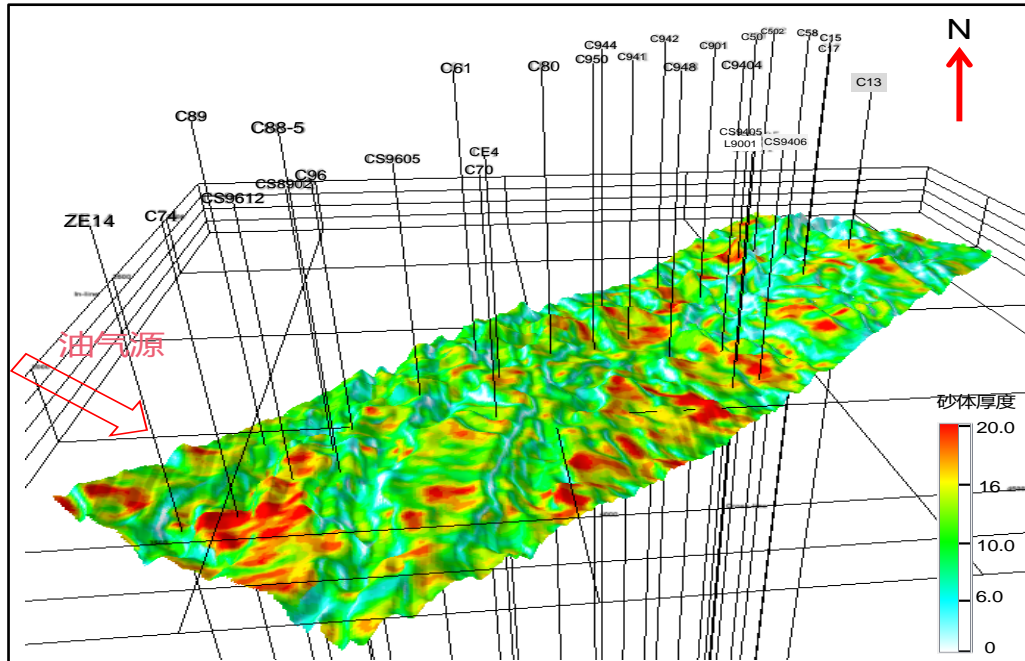


Figure 4. The superimposed stereogram of the sand thickness and the paleogeomorphology of the top accumulation period of the second member of Yang Formation in the study area

图 4. 研究区杨二段砂体厚度与杨二段顶成藏期古地貌叠合立体图

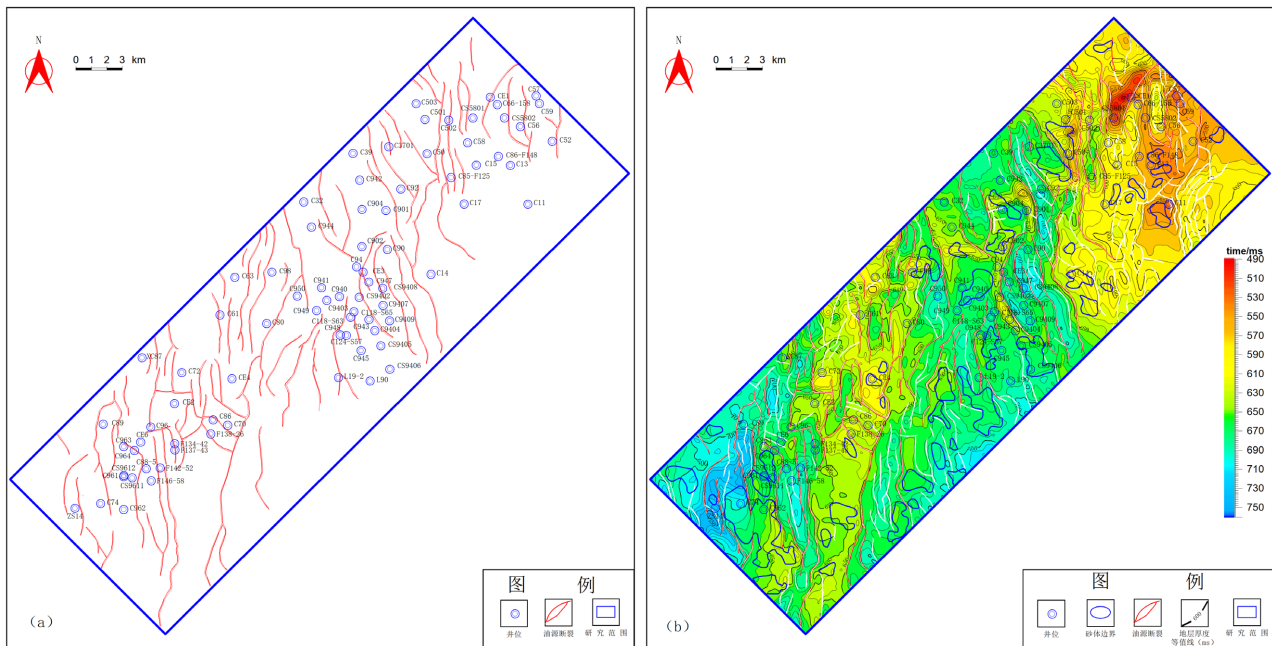


Figure 5. (a) The distribution of oil source faults on the top surface of the second member of Yang Formation and (b) the superimposed map of paleogeomorphology, main sand body and oil source faults of the second member of Yang formation in the study area

图 5. 研究区杨二段顶面油源断裂分布及杨二段成藏期古地貌与主砂体、油源断裂叠合图

4.2. 现今构造与古地貌差异特征及油气调整方向

构造解释成果表明研究区晚期构造运动强烈,造成现今构造高低与成藏期古地貌特征有很大的差别,主要表现在:① 中部下凹古地貌区大幅隆起,在研究区中部和东部形成大型凸起构造带,该构造带主体由东向西走向 NE-SW,为现今朝阳沟背斜构造(C94 井区),构造带南翼(CS9405-CS9406 井连线一带)走向 NW-SE,为大榆树鼻状构造。② 东部凸起古地貌区过渡为现今低洼地貌特征。其中原东部凸起古地貌中段、南段和北翼消失,为低洼地貌特征,北段凸起地貌保存,并与朝阳沟背斜连为一体,属于朝阳沟背斜东段。③ C96 井区隆起古地貌区向南抬升,研究区南部现今为大幅隆起地貌特征,该地区仍然保留了沿走向 NE-SW 展布的两个构造带,C96 井区现今为受多断层切割复杂化断块组合的背斜构造(翻身屯背斜),该背斜区与南部抬升斜坡区之间有低幅度凹槽分隔。④ 原西部低凹古地貌特征消失,过渡为现今与研究区北部边缘连为一体的向西北方向大幅倾斜的斜坡地貌特征(图 6)。

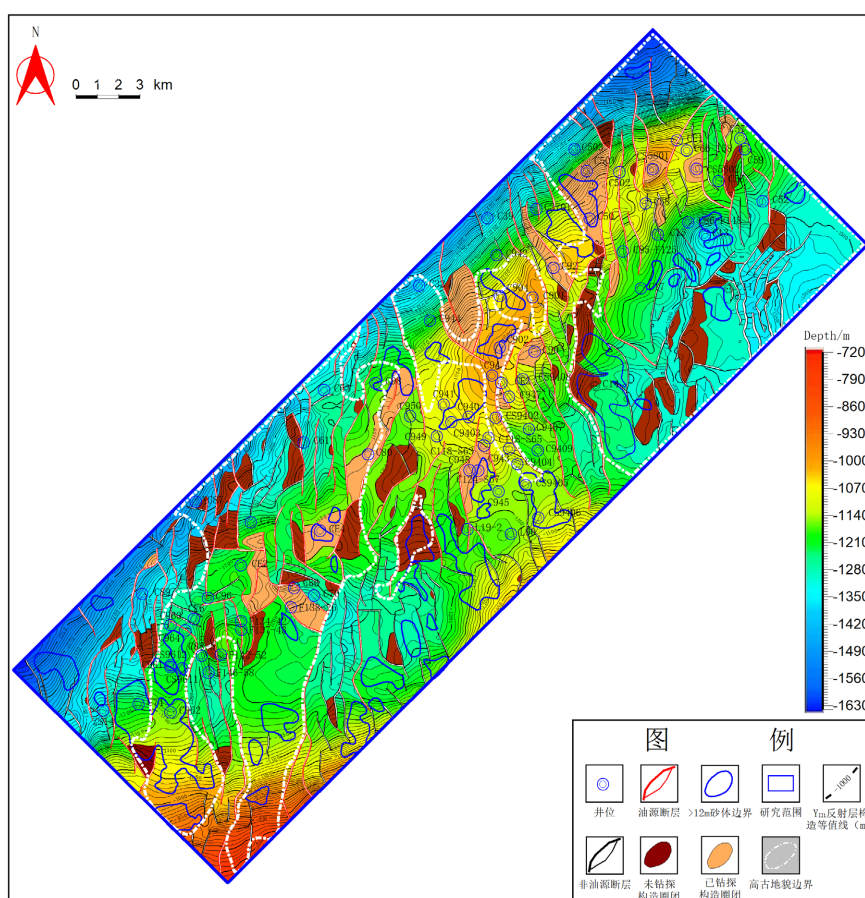


Figure 6. The superimposed stereogram of the present structure of the top of the second member of Yang and the paleogeomorphology of the reservoir forming period

图 6. 杨二段主砂体、古地貌高边界与其现今构造叠合图

由于后期构造运动造成成藏期古地貌发生很大的变化,油气初次侧向运移并聚集在成藏期古地貌高地的主砂体中的油气藏要向现今构造高部位方向主砂体内调整,油气调整方向是位于现今构造高部位并被断裂连通的主砂体,初次运移并在成藏期高部位主砂体中聚集的油气藏与调整后在现今构造高部位圈闭聚集的油气藏之间的输导桥梁(优势运移通道)是断裂和连片分布的砂体。在初次成藏期形成的岩性油气藏,在后期构造变动中没有改变原岩性圈闭地层倾斜条件时,这些岩性油气藏未被破坏,仍然可以得以

保存下来。图中表明油气调整方向主要有以下几个特点(图 6):

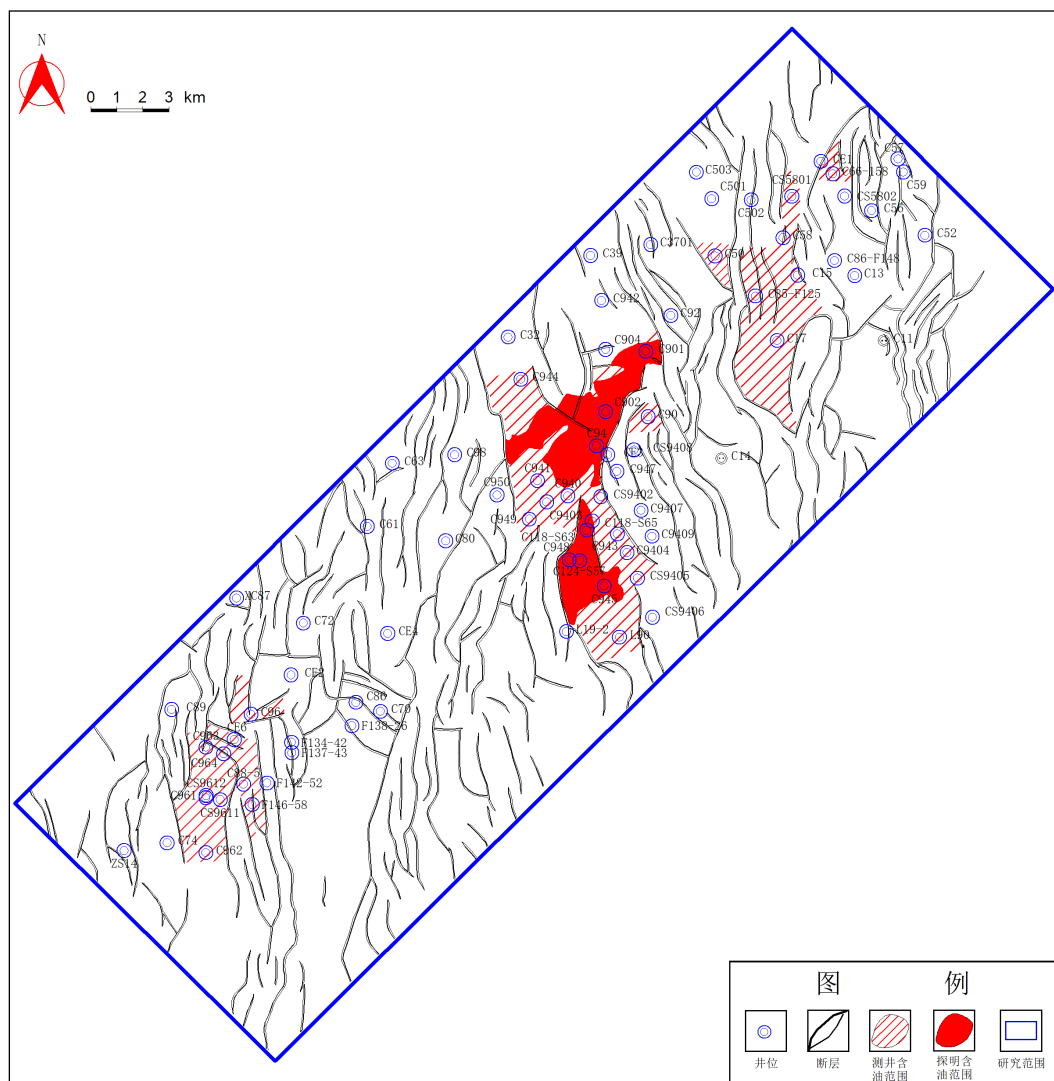


Figure 7. The plane distribution map of discovered oil reservoirs in the second member of Yang Formation in the study area

图 7. 研究区杨二段已发现油藏平面分布图

C94 井区(朝阳沟背斜区)是后期油气调整最有利地区。C94 井区由成藏期的低地势区过渡为现今构造的大范围背斜高势区, 该地区原成藏期形成的岩性和断层岩性油气藏受后期构造变动的影响, 油藏就近向构造高部位圈闭中做短距离调整。朝阳沟背斜区东、西部现今构造低部位油气藏要向朝阳沟背斜区做长距离大范围调整。C94 井区在杨大城子油层组沉积主要时期发育多条主河道, 河道砂体发育, 并与西、东南两翼现今构造低部位砂体相连通, 同时断裂与裂缝发育, 断裂、裂缝与大范围连片分布的河道砂体组成了油气向现今构造高部位(朝阳沟背斜区)调整的输导桥梁, 东部隆起区在成藏期聚集的油气通过该输导桥梁沿北西方向向朝阳沟背斜区东南翼一带调整中部成藏期古地貌低地势区所聚集的油气由于成藏条件的改变, 油气在调整期通过输导桥梁主要沿北东方向向朝阳沟背斜西翼一带调整, 调整来的油气在朝阳沟背斜带(包括大榆树鼻状构造带)东、西翼及构造高部位所在的构造圈闭、岩性圈闭或构造岩性圈闭中聚集成藏, 因此, 朝阳沟背斜区已经发现的油气藏既有成藏期聚集的部分油气, 也有后期两个方向调整

聚集的油气，这为朝阳沟背斜区油气大规模聚集成藏奠定了基础。目前朝阳沟背斜区杨大城子油层油气大规模发现也是有利的佐证(图 7)。

朝 96 井区(翻身屯背斜)南段和南部斜坡区也是后期油气调整最有利地区。由于现今构造较成藏期构造发生了向南部抬升，原成藏期在 C96 井区形成的油藏要向南调整，杨大城子油层组各主要时期主河道砂体沿走向 NE-SW 展布的两个构造带(C98-CE4-C86 井连线及以南地区和 C63-C61-C72-C96-CE6-C962 井连线及以南地区)上普遍连片发育，两构造带两侧断裂和裂缝向北向南大范围分布，连片分布砂体和断裂、裂缝形成了油藏向南调整的主要通道，因此，翻身屯背斜南段(C96 井以南地区)和南部斜坡区发育的断块圈闭、岩性圈闭和断层岩性圈闭是油藏调整重新聚集的有利部位。目前，翻身屯背斜北段杨大城子油层井下多为油水层或水层，而翻身屯背斜南段(C96 井以南地区)井下杨大城子油层含油程度高，这些油藏特征既表明了成藏期翻身屯背斜南、北段油气聚集程度差异，也反映了后期油气向南调整的结果。

5. 结论

1) 井下已发现的油藏类型以断块油藏为主，也发育砂岩上倾尖灭岩性油藏和受构造及岩性双重控制油藏，油层横向分布和油水关系复杂，受多种因素控制。

2) 研究区成藏期古地貌的两隆地貌区和中部 C94 井区低地貌局部分布的相对高地势主砂体及油源断裂发育叠置区是油气初次运移与聚集成藏有利区。

3) 研究区古今构造的显著差异，油气由成藏期初次运移的结果通过油源断裂及砂体作为通道调整为现今油气藏的分布格局，即 C94 井区和 C96 井区为二次运移的最佳有利区。

参考文献

- [1] 王海云, 李捷. 朝阳沟油田杨大城子油层物性特征[J]. 长春科技大学学报, 1998(2): 47-51.
- [2] 冯子辉, 李景坤, 要丹. 朝阳沟油田原油地球化学特征及油源探讨[J]. 大庆石油地质与开发, 1994(4): 23-26+76.
- [3] 张乐. 松辽盆地南部 X 区块杨大城子油层沉积微相研究[D]: [硕士学位论文]. 荆州: 长江大学, 2018.
- [4] 鲍俊驰. 松辽盆地北部朝 94 区块杨大城子油层沉积微相研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 东北石油大学, 2021.
- [5] 王翔飞. 朝长地区扶余油层沉积相及砂体展布特征研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 东北石油大学, 2015.
- [6] 付晓飞, 平贵东, 范瑞东, 等. 三肇凹陷扶余油层油气“倒灌”运聚成藏规律研究[J]. 沉积学报, 2009, 27(3): 558-566.
- [7] 付广, 王有功. 三肇凹陷青山口组源岩生成油向下“倒灌”运移层位及其研究意义[J]. 沉积学报, 2008, 26(2): 355-360.
- [8] 付广, 薛盼, 孙同文, 等. 源外隆起区油气成藏与分布主控因素及模式——以松辽盆地杏北地区扶余油层为例[J]. 岩性油气藏, 2013, 25(5): 13-17.
- [9] 任光文. 扶余油田杨大城子油层构造特征研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2014.
- [10] 刘宝柱. 松辽盆地东南隆起区构造特征及其对油气藏的控制作用[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2006.
- [11] 单敬福, 赵忠军, 李浮萍, 等. 曲流河道沉积演化过程与历史重建——以吉林油田扶余采油厂杨大城子油层为例[J]. 沉积学报, 2015, 33(3): 448-458.
- [12] 高瑞祺, 蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 4-107.
- [13] 刘宗堡, 贾钧捷, 赵淼. 大型凹陷源外斜坡区油运聚成藏模式——以松辽盆地长 10 地区扶余油层为例[J]. 岩性油气藏, 2012, 24(1): 64-68.
- [14] 王文广, 邹佳琦, 柳成志. 源外斜坡区油气成藏主控因素及模式分析[J]. 黑龙江科技大学学报, 2012, 34(1): 63-67.
- [15] 孙雨, 马世忠, 张大智. 源外岩性类油藏区油气聚集特征及其主控因素分析——以松辽盆地扶新隆起带南部扶余油层为例[J]. 地质论评, 2010, 56(4): 531-537.

- [16] 梅啸寒, 吴欣松, 赵家宏. 断裂密集带样式及其对油气成藏的控制作用——以松辽盆地扶新隆起带杨大城子油层为例[J]. 断块油气田, 2020, 27(1): 1-6.
- [17] 陈方文, 卢双舫, 薛海涛, 等. 三肇凹陷扶杨油层断裂密集带样式及有利成藏部位[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2013, 38(6): 1281-1288.
- [18] 张金宝, 杨威, 马继升, 等. 朝阳沟油田杨大城子油层杨二段致密薄砂岩的识别与预测[J]. 大庆石油地质与开发, 2023, 42(6): 122-131.