第 57 卷 第 2 期 2024 年 (总 234 期)

西 北 地 质 NORTHWESTERN GEOLOGY

Vol. 57 No. 2 2024(Sum234)



引文格式:张新远,李永军,刘凯,等.克拉玛依油田 K82 井区上乌尔禾组油气成藏特征研究[J].西北地质,2024, 57(2):14-23. DOI: 10.12401/j.nwg.2024004

Citation: ZHANG Xinyuan, LI Yongjun, LIU Kai, et al. Hydrocarbon Accumulation Characteristics of Upper Wuerhe Formation in Well Block K82, Karamay Oilfield[J]. Northwestern Geology, 2024, 57(2): 14–23. DOI: 10.12401/j.nwg.2024004

克拉玛依油田 K82 井区上乌尔禾组油气成藏特征研究

张新远1,李永军1,*,刘凯2,王锋1,彭南赫1,付浩1

(1.长安大学地球科学与资源学院,陕西西安 710054;2.中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院,新疆克拉玛依 834000)

摘 要:中拐凸起二叠系上乌尔禾组是继三叠系百口泉组之后发现的一个大型连续型砂砾岩油气藏 群,但其北部区域油气成藏特征研究较少且成藏模式认识不清。笔者通过岩心观察、铸体薄片、测井 和录井分析等资料,结合区域构造背景与沉积环境,对中拐凸起北部K82井区油气成藏特征进行综 合分析,得出以下结论:K82井区主要发育扇三角洲平原和滨浅湖沉积亚相,大面积的分流河道砂砾 岩、河道间及滨浅湖细砾沉积物构成良好的储盖组合,物性显示研究区上乌尔禾组为中-低孔低渗砂 砾岩储层;以二叠系风城组为主的多套烃源岩为上乌尔禾组油气藏提供充足的油源供给;形成于华力 西—燕山期的断裂和上下地层不整合面成为研究区上乌尔禾组油气疏导体系,油藏为下生上储断层-岩性型成藏模式。该结论为克拉玛依油田上乌尔禾组油气进一步勘探开发提供科学依据。

关键词:成藏特征;储集层;上乌尔禾组;K82 井区;淮噶尔盆地

中图分类号: P618.13; TE122 文献标志码: A 文章编号: 1009-6248(2024)02-0014-10

Hydrocarbon Accumulation Characteristics of Upper Wuerhe Formation in Well Block K82, Karamay Oilfield

ZHANG Xinyuan¹, LI Yongjun^{1,*}, LIU Kai², WANG Feng¹, PENG Nanhe¹, FU Hao¹

 School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Exploration and Development Institute, Xinjiang Oilfield Company, Petro China, Karamay 834000, Xinjiang, China)

Abstract: The permian system upper Wuerhe formation of Zhongguai bulge is a large continuous conglomerate oil and gas reservoir group found after the triassic system Baikouquan formation., there are few studies on hydrocarbon accumulation characteristics in the northern part of the region, and the understanding of hydrocarbon accumulation patterns is unclear.Based on the data of core observation, cast thin section, well logging and log analysis, combined with the regional structural background and sedimentary environment, the characteristics of hydrocarbon accumulation in well block K82 north of Zhongguai bulge are comprehensively analyzed. Those studies have drawn the following conclusions: The well block K82 mainly develops fan-delta plain and shallow lakeside sedimentary subphase, with large area of divergent river channel sand and conglomerate, inter-channel

收稿日期: 2023-07-04; 修回日期: 2023-09-05; 责任编辑: 曹佰迪

基金项目:新疆油田公司 2022~2023 年油气勘探科技外协项目"玛南上乌尔禾组储层岩矿特征研究"(20221020)。

作者简介:张新远(1996-),男,硕士研究生,地质学专业。E-mail: 1392060826@qq.com。

^{*}通讯作者:李永军(1961-),男,教授,博士生导师,主要从事区域地质、构造地质学调查研究与教学工作。E-mail: yongjunl@chd.edu.cn。

and shallow lakeside fine gravel sediments forming a good reservoir-cover combination, the physical properties shown that the upper Wuerhe formation in the study area is a medium-low-hole and low-permeability conglomerate reservoir; Multiple sets of hydrocarbon source rocks, mainly from the permian Fengcheng formation, provide sufficient oil supply for the upper Wuerhe formation reservoir; Fractures and upper and lower stratigraphic unconformities formed in the Hercynian- Yanshanian period have become the oil and gas transportation system of the upper Wuerhe formation in the study area, and the oil reservoir is the source rock below, reservoir above and fault-lithology-type reservoir formation patterns. The conclusion provides scientific basis for further exploration and development of oil and gas in the upper Wuerhe formation of the Karamay oilfield.

Keywords: hydrocarbon accumulation characteristics; reservoir; upper Wuerhe formation; K82 well block; Junggar basin

准噶尔盆地是中国西北地区大型复合叠加盆地, 具有丰富的油气资源(Cao et al., 2005; 陈磊等, 2020; 余琪祥等, 2022)。位于盆地西北缘的克拉玛依油田 在玛湖凹陷--中拐凸起地区二叠系上乌尔禾组和三叠 系百口泉组已发现10亿t级砾岩油田,展现出该地区 良好的油气勘探潜力(雷德文等,2017;唐勇等,2021; 刘凯等, 2023; 贾春明等, 2023)。区内研究程度高, 如 通过分析中拐地区岩相及砂砾岩成因机理,认为上乌 尔禾组为一套典型的扇三角洲沉积并划分9种微相, 明确岩相与沉积微相的关系(汪孝敬等, 2017); 通过 综合分析中拐地区上乌尔禾组的岩矿、地化、沉积环 境等特征,探究该区富火山碎屑砂砾岩储层的成因机 理(丁超等, 2020);利用钻探与地球物理勘探资料分 析二叠系—三叠系沉积构造背景认为断裂构造形成 油气搬运优势通道(何登发等,2004)。上述研究主要 集中于玛湖凹陷及中拐凸起 K79、JL2 井区等热点地 区,对靠近凹陷和扇根区域的K82等井区油气成藏特 征研究较少。笔者选取中拐凸起北部 K82 井区为研 究对象,结合岩心编录、测井解释等资料,分析其沉积 相、储层物性、砂体连通性,总结 K82 井区油气成藏 特征,深化对该区油气地质认识。

1 区域地质概况

K82 井区位于准噶尔盆地西北缘中拐凸起东斜 坡带之上(图1),东邻玛湖生烃凹陷、南接沙湾生烃 凹陷,整体为一向东南倾的单斜,位处斜坡构造带的 上倾方向。深层逆断裂与不整合面为油气运移提供 通道,使该地区成为主要油气汇集区(黄立良等, 2022)。K82 井区钻遇地层为二叠系—白垩系,笔者研 究的目的层二叠系上乌尔禾组,与上覆百口泉组呈平 行不整合接触,与下伏佳木河组呈角度不整合接触 (李兵等,2011)。K82 井区北西的K75 井区、南部的K79 井区和JL2 井区均已探明为二叠系乌尔禾组油藏。

2 油气成藏特征

2.1 沉积相特征

中拐凸起上乌尔禾组以扇三角洲沉积为主,陆源 碎屑供给充足,属于近源沉积(鲁新川等,2012;汪孝 敬等,2017)(图 2)。K79、K82、JL2井区同属于北部、 西部物源体系的不同分支水道沉积(张昌民等, 2020), 主要发育扇三角洲平原、前缘砂体,砂体叠置连片。 根据岩性组合,测井曲线特征可将上乌尔禾组(P₃w) 自下而上划分为 P_3w^1 、 P_3w^2 及 P_3w^3 3个岩性段。K82 井区二叠系上乌尔禾组发育一套下粗上细的正旋回 沉积, P₃w¹主要以扇三角洲前缘水下碎屑流沉积、水 下分流河道为主,岩性主要以分选和磨圆较差的砂砾 岩和砾岩为主,砂泥岩次之,均为砂砾岩储层,可进一 步划分为 P₃w¹-1、P₃w¹-2两个砂层组; P₃w²水体短暂的 下降,主要发育扇三角洲平原河道砂,岩性主要以含 砾砂岩、砂岩为主,均为砂砾岩储层,可进一步划分 为P₃w²-1、P₃w²-2两个砂层组;P₃w³底部发育扇三角洲 前缘沉积,岩性以砂砾岩、砂岩为主体,后水体逐渐变 深,区域上被厚层的滨浅湖泥岩所覆盖(图3)。

2.2 储层特征

K82 井区主要含油层系为 P₃w¹和 P₃w²,根据岩心 观察及岩石薄片统计, P₃w¹储层岩性主要为灰色、灰 黑色、灰绿色砂砾岩(图 4a~图 4c),粒径为 0.1~ 20 mm,磨圆主要呈次棱角状-次圆状,分选差;岩屑成 分主要为凝灰岩,占比为 61.6%,其次为安山岩、中酸 性喷出岩;杂基以泥质为主,占比为 2.5%;胶结物主要 为方解石、浊沸石,胶结类型以孔隙式、压嵌式和接







图2 中拐凸起上乌尔禾组砂体及沉积相展布特征图(据邹妞妞等, 2021 修改) Fig. 2 Distribution characteristics of sand bodies and sedimentary facies of upper Wuerhe formation in Zhongguai uplift

触式为主,主要为线接触及点-线接触; P₃w²储层岩性 主要为灰色、灰绿色砂岩、砂砾岩(图 4d~图 4f)。岩 屑成分以凝灰岩为主,占比为 63.5%;杂基主要为泥质, 占比为 2.5%; 胶结物主要为方解石、浊沸石, 胶结中 等--致密, 主要为孔隙式--压嵌式、接触式胶结。孔隙 类型主要为粒间溶孔、剩余粒间孔、微裂隙等(图 4g~

2024 年



图3 K82 井 3 402~3 662 m 井段岩心综合地层柱状图 Fig. 3 Comprehensive stratigraphic histogram of 3 402~3 662 m well section core of K82 well



a. K82 井, 3 650.28 m, 浅灰色中砾岩; b. K304 井, 3 675.64 m, 灰黑色含中砾小砾岩; c. K303 井, 3 785.53 m, 灰褐色 含粗砾中砾岩; d. K82 井, 3 507.85 m, 灰色小砾岩; e. K303 井, 3 676.31 m, 灰色含中砾小砾岩; f. K304 井, 3 601.32 m, 灰色粗砂岩水平层理; g. K304 井, 3 666.38 m, 剩余粒间孔, 原生粒间孔, 砂砾岩, 铸体; h. K303 井, 3 757.83 m, 剩 余粒间孔, 砂砾岩, 铸体; i. K82 井, 3 507.75 m, 微裂缝, 砂砾岩, 铸体

图4 K82 井区上乌尔禾组主要储集岩特征和储集空间类型图

Fig. 4 Reservoir characteristics and reservoir interspace types of upper Wuerhe Formation in K82 Well block

图 4i)。P₃w¹段 31 块油层样品分析统计,油层孔隙度 为 6.0%~9.3%,平均为 7.4%;渗透率为 0.36~20.6 mD, 平均为 2.23 mD; P₃w² 段 92 块油层样品油层孔隙度为 6.0%~13.6%,平均为 8.4%;渗透率为 0.47~94.8 mD, 平均为 4.64 mD(图 5)。这两段砂砾岩储层总体属于 中-低孔低渗储层,具备一定的油气储集能力。

P₃w¹-2 油层稳定连续,局部发育泥岩夹层,油层平 均厚度约为 18.5 m; P₃w¹-1 油层连通性较好,局部发育 泥岩夹层,油层平均厚度约为 15.3 m; P₃w²-2 油层在 K82 井附近厚度较大,油层平均厚度约为 12.9 m,油层 连通性较好,局部发育泥岩夹层,平均厚度为 1 m。垂 向上从 P₃w¹到 P₃w³,砂砾岩储层的厚度逐步减小(图 6)。

2.3 盖层特征

K82 井区上乌尔禾组中盖层发育较稳定,岩性单一,主要为泥岩。自下而上主要发育3 套区域性盖层, 分别位于 P_3w^1 、 P_3w^2 和 P_3w^3 顶部。其中 P_3w^1 、 P_3w^2 顶 部盖层主要为扇三角洲平原支流间湾的泥岩,平均厚 度分别为 2.2 m 和 4.9 m。其次 P_3w^3 顶部沉积厚层的 滨浅湖相泥岩,是该地区最为重要的区域性盖层 (图 6)。前人在其南部 K79 井区测得泥岩盖层的平均 孔隙度仅为 5.94%,渗透率为 3.1×10⁻³ μm²(邹妞妞等, 2021),因而对油气的运移起极好的阻挡作用。从 P₃w¹到 P₃w³砂砾岩储层的厚度逐步减小,而泥岩盖层 的厚度和规模逐渐变大,构成极好的下储上盖组合, 为该地区油气储藏提供了很好的保障。

2.4 烃源岩条件

卢红刚等(2021)研究认为,中拐凸起在纵向上共 发育石炭系、二叠系佳木河组、风城组和下乌尔禾组 4 套烃源岩。其中,风城组是最优质、最高效的烃源 岩,主要分布于玛湖凹陷至沙湾凹陷之中,近断裂带 区域沉积厚度大于 150 m 且分布范围广泛,形成于还 原-强还原咸化湖相的沉积环境(Cao et al., 2020;何海 清等, 2022),有机质丰度高,总有机碳(TOC)含量为 0.41%~4.10%,平均为1.38%,S₁+S₂值平均为5.73 mg/g, 主要为混合型 II 型烃源岩, *Ro* 值为 0.85%~1.56%(李 际, 2015;黄立良等, 2022)。随着准噶尔盆地在石炭



图5 K82井区上乌尔禾组孔-渗特征图

Fig. 5 The porosity-permeability of upper Wuerhe formation of permian in K82 well block



图6 K82 及邻区上乌尔禾组砂体连井剖面图

Fig. 6 The sand bodies profile of upper Wuerhe formation in K82 and adjacent well block

纪—二叠纪由"热盆"变为"冷盆",延长了风城组 烃源岩的生油窗,使得烃源岩可长期生烃、排烃,为其 上的上乌尔禾组油气藏提供充足的油源(宋涛等, 2019),聚集于中拐凸起早期形成的圈闭之中。K82 井 区位处中拐凸起斜坡构造带的上倾方向,一直是油气 运移的指向区,优质烃源岩的广泛分布使该地区具备 油气成藏的基础。

2.5 疏导条件

受挤压造山与持续隆升的构造运动的影响,中拐 凸起二叠系在形成后主要发育3期断裂:第一组是华 力西早期形成的 NE-SW 向逆推断裂,如 K82 井西断 裂、K79 井西断裂等,其与构造线平行,上倾遮挡作用 良好,属于控圈控沉积断裂;第二组是华力西晚期形 成的与逆推断裂相伴生的逆断裂,如 K009 井北断裂、 K302 井南断裂等,其断裂规模较小,部分具有控圈作 用;第三组是燕山早期形成的近 W-E 向的走滑断裂, 如 H3 井东断裂、K80 井东断裂等(表 1,图 7a),其断 穿地层从二叠系风城组、上下乌尔禾组及三叠系部分 地层,这些断裂为风城组烃源岩的油气运移提供垂向 输导(吴孔友等,2017;何登发等,2018;黄立良等,2022)。 同时由于地层的超覆,上乌尔禾组与下伏地层之间广 泛发育不整合面,使得油气在垂向运移时遇到不整合 面而发生侧向运移聚集成藏(韩宝等,2017;匡立春等, 2022)。K82、K79 井区主要的逆断裂如图 7b所示, K82 井区圈闭主要由 K009 井北断裂、K82 井西断裂、 K302 井南断裂三面环围而成,得益于复杂的断裂-不 整合的疏导体系,油气得以在乌尔禾组运移并大面积 储存形成油气藏。

表 1 K82 和 K79 井区逆断裂要素

Tab. 1	The elements of revo	erse faults of P_3w in	n in the K82	and K79 well block
		2		

序号	断裂名称	断裂性质	断开层位	断裂产状		断距	延伸长度	
				走向	倾向	倾角(°)	(m)	(km)
1	K009井北断裂	逆	Р	NW	NE	75~85	5~10	5.55
2	K82井西断裂	逆	Р	S	Е	$40\!\sim\!60$	$5\!\sim\!10$	6.7
3	K302井南断裂	逆	Р	NW	S	$75 \sim 85$	$5\!\sim\!20$	7.17
4	K218井北断裂	逆	Р	NW	NE	$60\!\sim\!80$	$5\sim\!15$	6.88
5	K79井西断裂	逆	Р	S	Е	$45\!\sim\!60$	$5 \sim 15$	8.55
6	K79井北断裂	逆	Р	NW	S	$75\!\sim\!85$	$5\!\sim\!10$	2.04
7	K79井南断裂	逆	Р	NW	Ν	$75 \sim 85$	$5\!\sim\!10$	1.53
8	K301井西断裂	逆	Р	S	Е	$20{\sim}70$	$5\!\sim\!20$	8.62
9	K208井南断裂	逆	Р	NW	S	$75 \sim 85$	$5\sim 25$	16.19





3 油气成藏模式

在晚二叠世断坳转换的构造背景下,中拐凸起发 育退积式扇三角洲沉积体系,斜坡带上地层层序界面 超覆。基于沉积体系分析,该地区油气藏属于湖侵域 地层超覆油气成藏模式(图 8)。K82 井区上乌尔禾组 储层主要为扇三角洲平原相灰色砂砾岩,砂砾岩体呈 大面积叠置连片分布,多套优质烃源岩为油气聚集提 供充足来源,形成良好的生储盖组合。3 期次的断裂 及不整合面为油气的垂向、横向运移提供良好的输导 条件,在上乌尔禾组有效圈闭内聚集成藏。由图 9 可



图8 中拐凸起上乌尔禾组成藏模式图







知,油气在断层运移过程中,一部分在断层圈闭中聚 集,另一部分沿两侧储层分流而产生侧向运移。烃源 岩的分布、立体疏导体系等是西准地区中拐凸起油气 藏的主要影响因素。根据源-储耦合关系,进一步明 确了 K82 井区油藏为下生上储断层--岩性型成藏模式 (图 9)。

4 结论

(1)从沉积、储层、盖层等角度出发,认为中拐凸 起 K82 井区二叠系上乌尔禾组以扇三角洲平原体系 为主,广泛发育砂砾岩中-低孔、低渗储集层,河道间 泥岩及滨浅湖泥与厚层砂砾岩形成良好的储盖组合。

(2)风城组等优质烃源岩为 K82 井区油藏提供充 足的油源供给,3 期次的断裂为油气运移提供疏导, K82 井区具备油气成藏的有利条件。通过对连井剖 面进行剖析,根据源-储耦合关系,K82 井区油藏主要 以下生上储断层-岩性型成藏模式为主。

参考文献(References):

- 陈磊,杨镱婷,汪飞,等.准噶尔盆地勘探历程与启示[J].新疆 石油地质,2020,41(5):505-518.
- CHEN Lei, YANG Yiting, WANG Fei, et al. Exploration History and Enlightenment in Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2020, 41(5): 505-518.
- 丁超, 庞燕青, 孟亚玲, 等. 准噶尔盆地中拐地区上乌尔禾组富 火山碎屑砂砾岩储层的古环境及储层机理研究[J]. 沉积 学报, 2020, 38(4): 851-867.
- DING Chao, PANG Yanqing, MENG Yaling, et al. Study of the Paleoenvironment and Reservoir Mechanism for Volcanic Rich Clastic Reservoirs in the Upper Urho Formation in the Zhongguai Region, Junggar Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2020, 38(4): 851–867.
- 韩宝,王昌伟,盛世锋,等.淮噶尔盆地中拐—五区二叠系不整 合面对油气成藏控制作用[J].天然气地球科学,2017, 28(12):1821-1828.
- HAN Bao, WANG Changwei, SHENG Shifeng, et al. Controls of the permian unconformity on reservoir formation in Zhongguai-District 5area of Junggar Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2017, 28(12): 1821–1828.
- 何登发, 尹成, 杜社宽, 等. 前陆冲断带构造分段特征—以准噶 尔盆地西北缘断裂构造带为例[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 91-101.

HE Dengfa, YIN Chen, DU Shekuan, et al. Characteristics of struc-

tural segmentation of foreland thrust belts —A case study of the fault belts in the northwestern margin of Junggar Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(3): 91–101.

- 何登发, 吴松涛, 赵龙, 等. 环玛湖凹陷二叠—三叠系沉积构造 背景及其演化[J]. 新疆石油地质, 2018, 39(1): 35-47.
- HE Dengfa, WU Songtao, ZHAO Long, et al. Tectono-Depositional Setting and Its Evolution during Permian to Triassic around Mahu Sag, Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2018, 39(1): 35–47.
- 何海清,唐勇,邹志文,等. 准噶尔盆地中央坳陷西部风城组岩 相古地理及油气勘探[J]. 新疆石油地质, 2022, 43(6): 640-653.
- HE Haiqing, TANG Yong, ZOU Zhiwen, et al. Lithofacies Paleogeography and Petroleum Exploration of Fengcheng Formation in Western Central Depression of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2022, 43(6): 640–653.
- 黄立良, 王然, 邹阳, 等. 准噶尔盆地玛南斜坡区上二叠统上乌 尔禾组连续型砂砾岩油藏群成藏特征[J]. 石油实验地质, 2022, 44(1): 51-59.
- HUANG Liliang, WANG Ran, ZOU Yang, et al. Accumulation characteristics of continuous sand conglomerate reservoirs of Upper Permian Upper Wuerhe Formationin Manan slope area, Junggar Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2022, 44(1): 51–59.
- 贾春明,潘拓,余海涛,等.准噶尔盆地沙湾凹陷风城组储层特 征及物性控制因素分析[J].西北地质,2023,56(4):49-61.
- JIA Chunming, PAN Tuo, YU Haitao, et al. Controlling Factors on Physical Property and Reservoir Characters of Fengcheng Formation in Shawan Depression, Junggar Basin[J]. Northwestern Geology, 2023, 56(4): 49–61.
- 匡立春,支东明,王小军,等.准噶尔盆地上二叠统上乌尔禾组 大面积岩性-地层油气藏形成条件及勘探方向[J].石油学 报,2022,43(3):325-340.
- KUANG Lichun, ZHI Dongming, WANG Xiaojun, et al. Hydrocarbon accumulation conditions and exploration directions of largescale lithologic-stratigraphic oil and gas reservoirs in Upper Wuerhe Formation of Upper Permian in Junggar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2022, 43(3): 325–340.
- 雷德文,陈刚强,刘海磊,等.准噶尔盆地玛湖凹陷大油(气)区 形成条件与勘探方向研究[J].地质学报,2017,91(7): 1604-1619.
- LEI Dewen, CHEN Gangqiang, LIU Hailei, et al. Study on the Forming Conditions and Exploration Fields of the Mahu Giant Oil(Gas)Province, Junggar Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2017, 91(7): 1604–1619.
- 李兵,党玉芳,贾春明,等.准噶尔盆地西北缘中拐—五八区二 叠系碎屑岩沉积相特征[J].天然气地球科学,2011,22(3): 432-439.

- LI Bing, DANG Yufang, JIA Chunming, et al. Sedimentary Facies of Permian Clastic Rocks in Zhongguai-Wuba Area in Northwestern Margin of Junggar Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2011, 22(3): 432–439.
- 李际.中拐凸起石炭系油藏油气成因分析[J].科技资讯,2015, 13(17):253-254.
- LI Ji. Analysis on Oil-gas Origin in Zhongguai Uplift Carboniferous Oil[J]. Science & Technology Information, 2015, 13(17): 253-254.
- 刘念周,李波,张艺,等.克拉玛依油田克75井区上乌尔禾组沉积特征及砂体连通性[J].新疆石油地质,2022,43(4):417-424.
- LIU Nianzhou, LI Bo, ZHANG Yi, et al. Sedimentary Characteristics and Connectivity of Upper Wuerhe Formation in Wellblock Ke 75, Karamay Oilfield[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2022, 43(4): 417–424.
- 刘凯,张新远,李永军,等.新疆油田百72井火山地层层序、时 代及其与后山层型剖面对比[J].西北地质,2023,56(4): 40-48.
- LIU Kai, ZHANG Xinyuan, LI Yongjun, et al. Volcanic Stratigraphic Sequence, Age and Comparison with Mountain Layer Type Profile of Bai 72 Well in Xinjiang Oilfield[J]. Northwestern Geology, 2023, 56(4): 40–48.
- 卢红刚,罗焕宏,骆飞飞,等.玛湖凹陷 MH1 井区上乌尔禾组扇 控大面积成藏条件与成藏模式[J].特种油气藏,2021, 28(1):42-50.
- LU Honggang, LUO Huanhong, LUO Feifei, et al. Fan Controlled Large - area Accumulation Conditions and Mode of Upper Wuerhe Formation in MH1 Well Zone of Mahu Sag[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2021, 28(1): 42–50.
- 鲁新川,史基安,葛冰,等.准噶尔盆地西北缘中拐—五八区二 叠系上乌尔禾组砂砾岩储层特征[J].岩性油气藏,2012, 24(6):54-59.
- LU Xinchuan, SHI Ji'an, GE Bing, et al. Characteristics of glutenite reservoir of Permian Upper Wuerhe Formation in Zhongguai-Wuba area in the northwestern margin of Junggar Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2012, 24(6): 54–59.
- 宋涛,黄福喜,汪少勇,等.准噶尔盆地玛湖凹陷侏罗系油气藏 特征及勘探潜力[J].中国石油勘探,2019,24(3):341-350.
- SONG Tao, HUANG Fuxi, WANG Shaoyong, et al. Characteristics and exploration potential of Jurassic oil and gas reservoirs in Mahu sag of the Junggar Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2019, 24(3): 341–350.
- 唐勇,曹剑,何文军,等.从玛湖大油区发现看全油气系统地质 理论发展趋势[J].新疆石油地质,2021,42(1):1-9.
- TANG Yong, CAO Jian, HE Wenjun, et al. Total Petroleum System

and Inner-Source Natural Gas Exploration in Permian Strata of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2021, 42(1): 1–9.

- 吴孔友,刘波,刘寅,等. 准噶尔盆地中拐凸起断裂体系特征及 形成演化[J]. 地球科学与环境学报, 2017, 39(3): 406-418.
- WU Kongyou, LIU Bo, LIU Yin, et al. Characteristics, Formation and Evolution of Fault System in Zhongguai Uplift of Junggar Basin, China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2017, 39(03): 406–418.
- 汪孝敬,李维锋,董宏,等.砂砾岩岩相成因分类及扇三角洲沉 积特征—以准噶尔盆地西北缘克拉玛依油田五八区上乌 尔禾组为例[J].新疆石油地质,2017,38(5):537-543.
- WANG Xiaojing, LI Weifeng, DONG Hong, et al. Genetic Classification of Sandy Conglomerate Facies and Sedimentary Characteristics of Fan Delta: A Case Study from Upper Wuerhe Formation in District Wuba in Northwestern Margin of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2017, 38(5): 537–543.
- 张昌民, 尹太举, 唐勇, 等. 准噶尔盆地西北缘及玛湖凹陷沉积 储集层研究进展[J]. 古地理学报, 2020, 22(1): 129-146.
- ZHANG Changmin, YIN Taiju, TANG Yong, et al. Advances in sedimentological reservoir research in Mahu sag and northwest margin of Junggar Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2020, 22(1): 129–146.
- 邹妞妞,张大权,史基安,等.准噶尔盆地中拐凸起二叠系上乌 尔禾组油气成藏及其主控因素[J].天然气地球科学,2021, 32(4):540-550.
- ZOU Niuniu, ZHANG Daquan, SHI Ji'an, et al. Formation conditions and main controlling factors of hydrocarbon accumulation of the upper Wuerhe Formation of Permian in Zhongguai Uplift, Junggar Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2021, 32(4): 540–550.
- 余琪祥,程建.中国石化准噶尔盆地油气勘探成果回顾[J].西 安石油大学学报(社会科学版),2022,31(5):65-71.
- YU Qixiang, CHENG Jian. Retrospection of Oil-gas Exploration Achievementsin the Junggar Basin of Sinopec[J]. Journal of Xi'an Shiyou University(Social Science Edition), 2022, 31(5): 65–71.
- Cao Jian, Zhang Yijie, Hu Wenxuan, et al. The Permian hybrid petroleum system in the northwest margin of the Junggar Basin, northwest China.[J]. Marine and Petroleum Geology, 2005, 22(3): 331–349.
- Cao Jian, Xia Liuwen, Wang Tingting, et al. An alkaline lake in the Late Paleozoic ice age(IPIA): a review and new insights into paleoenvironment and petroleum geology[J]. Earth-Science Reviews, 2020, 202; 103091.