

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2023.325

引用格式: 王钊. 鄂尔多斯盆地 TH 坳陷某地区致密油富集高产主控因素[J]. 中国地质调查, 2024, 11(4): 33-41. (Wang Z. Main controlling factors of tight oil enrichment and high yield in a certain area of TH depression in Ordos Basin[J]. Geological Survey of China, 2024, 11(4): 33-41.)

鄂尔多斯盆地 TH 坳陷某地区致密油富集高产主控因素

王钊

(中石化胜利油田分公司物探研究院, 山东 东营 257022)

摘要: 鄂尔多斯盆地 TH 坳陷某地区油藏储层致密, 具有良好的油气勘探潜力, 但致密油富集高产的主控因素不明确, 严重制约着该区域的高效勘探开发。利用地震、钻井、测井、地球化学和生产动态资料, 开展研究区油藏地质特征研究, 梳理延长组 8 段(以下简称长 8 段)致密油成藏条件, 建立其主要成藏模式, 识别致密油富集高产的主控因素。研究表明: ①延长组 7 段(以下简称长 7 段)优质烃源岩及上部泥岩盖层广泛展布, 长 8 段水下分利河道有利储层发育, 油气由长 7 段烃源岩向下充注到长 8 段砂体中, 圈源匹配及保存条件有利, 形成了致密砂岩油藏; ②储集砂体的规模及物性控制着石油储量及含油气丰度, 燕山期构造形成的裂缝改善了致密砂岩物性, 对应的裂缝发育区是日产油量大于 1 t 的主要区域; ③水平段钻遇断距较小的正断层上升盘开发效果较好, 水平段钻遇断距较大的正断层下降盘开发效果较差, 有利储集相带、有效裂缝改造和井位配置关系是控制致密油富集高产的主要因素。研究成果对研究区后续井位部署及油藏开发具有指导意义。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 致密油; 富集高产; 主控因素

中图分类号: P618.13; TE122.3

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2024)04-0033-09

0 引言

随着致密油藏研究评价技术的日益成熟, 我国主要油田已经逐步开展致密油藏勘探开发工作, 并逐渐成为后期增储上产的主要阵地之一^[1], 致密油藏的高效开发对中国石油的战略作用日益凸显^[2,3]。在对国外非常规油气藏成功开发模式的借鉴中, 虽然应用水平井钻探及立体压裂的方式开发致密油藏可以扩大井筒与油气藏的接触体积, 大幅度提高油藏的泄油面积及采收程度^[4-5], 但不同单井致密油藏开发效果差异较大, 产量的地质工程主控因素不明确, 严重制约着致密油藏后续的高效开发。鄂尔多斯盆地 TH 坳陷某地区油藏储层孔隙度介于 3%~18%, 渗透率介于 $(0.05 \sim 5) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 为典型低孔特低渗的致密砂岩油藏^[6]。该区中西部的 Hh73 井区和 Hh74 井区自 2004 年开始进行滚动评价与开发, 经过多年的油气勘探已发现多口工业油气流井, 证实了该地区具有油气生成、运移、聚集成藏的地质

质过程^[7], 油气勘探开发目前已取得较大成果。前人针对研究区的断裂系统^[7]、储层特征^[8-10]和成藏过程^[11-12]开展了大量研究工作, 在油气成藏关键要素等方面取得了一定的认识。目前研究区主要依托直井与水平井进行致密油藏开发^[13], 前期共部署钻探直井 49 口、水平井 65 口, 水平井试油日产量平均 25.5 t, 直井试油日产量平均 1.3 t, 油藏埋深 2 220~2 340 m, 产层均为油水同层或含水层, 证实了研究区有较丰富的中生界油气资源。但从同一井型的开发情况看, 西南部水平井试油日产量平均 30 t, 而其他地区水平井试油日产量平均 11.2 t, 试油结果揭示该区水平井产能差异较大, 油气富集高产主控因素不明确。

本文针对研究区特殊的地质条件及增储上产的迫切形势, 以地震、钻井、测井、地球化学和生产动态资料为基础, 深入开展油气藏地质特征研究, 梳理重点目的层延长组 8 段(以下简称长 8 段)成藏条件, 阐明致密油主要成藏模式, 剖析成藏主控因素及油气富集高产规律, 研究可为在该区开展进一步油藏勘探开发提供地质依据。

收稿日期: 2023-11-21; 修订日期: 2024-07-15。

基金项目: 中石化胜利分公司课题“低序级断层地震五维解释技术及示范应用研究(编号: YKY2405)”资助。

作者简介: 王钊(1989—), 男, 助理研究员, 主要从事物探综合研究工作。Email: wangzhao698.slyt@sinopec.com。

1 研究区概况

研究区位于甘肃省东部,地质构造上属于鄂尔多斯盆地西南边缘 TH 坳陷的南端,东靠伊陕斜坡,西邻西缘冲断构造带,往南为渭北隆起,北边为 TH 坳陷主体部位(图 1(a)),构造特征整体呈东高西低的平缓斜坡^[14](图 1(b)),中西部局部地区发育

低幅隆起和断裂。该区中生界主要发育三叠系、侏罗系和白垩系,其中三叠系延长组和侏罗系延安组主要为辫状河三角洲沉积和湖泊沉积体系^[15]。形成于区域内深湖—半深湖环境的延长组 7 段(以下简称长 7 段),底部的张家滩油页岩为油气主力烃源岩,长 8 段中厚度为 50 ~ 80 m 的三角洲前缘砂体作为油气主要储集层,为该区油气成藏提供了有利的源储条件(图 2)。研究区勘探面积约 284 km²,其北

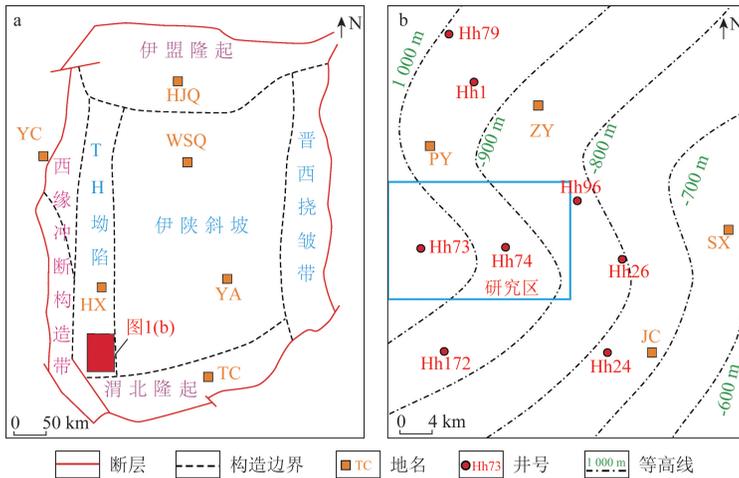


图 1 研究区区域构造位置(a)与构造特征(b)

Fig.1 Regional structural location (a) and structural characteristics (b) of the study area

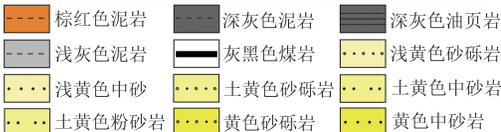
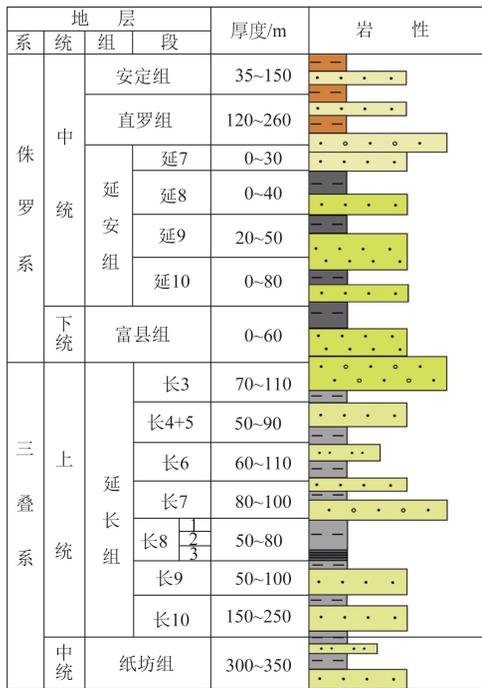


图 2 研究区典型地质剖面

Fig.2 Typical geological profile of the study area

部和南部分别发育喜山期及燕山期断裂,断裂匹配地层起伏微构造形成了一系列有利的含油圈闭^[16]。

2 致密油成藏地质条件

2.1 优质烃源岩广泛分布

长 7 段沉积时期为鄂尔多斯盆地湖盆扩张最盛期,经历了较长时间还原环境的静水沉积,中晚期发育一套稳定较厚的深湖—半深湖相油页岩,是盆地中生界最重要的生油岩系^[17]。研究区长 7 段中下部油页岩分布范围广泛,厚度由东向西逐渐减薄,主要为 7 ~ 19 m,平均 13 m,为该区主要的烃源岩。本文选取了 Hh73 井和 Hh74 井的 28 个油页岩岩心样品进行岩石热解地球化学分析,分析结果显示:长 7 段油页岩有机质类型整体以 I 型为主,有机质类型好且已进入成熟阶段^[6],总有机碳(total organic carbon, TOC)为 0.4% ~ 11.5%,平均 5%。从长 7 段油页岩 TOC 与生烃潜量关系(图 3)中可知,75% 的样品属于

优质烃源岩,生烃潜力较大,可以为致密油藏的形成提供充足的物质基础。

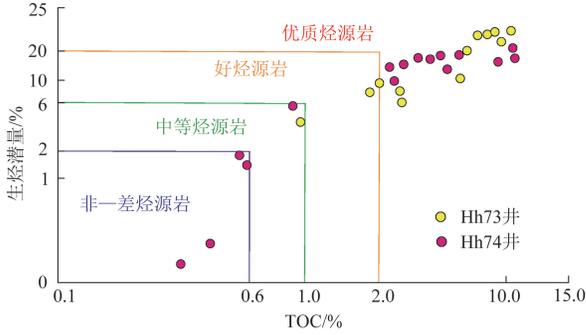


图3 研究区长7段油页岩 TOC 与生烃潜力关系

Fig.3 Relationship between TOC and hydrocarbon generation potential of oil shale in Chang 7 member of the study area

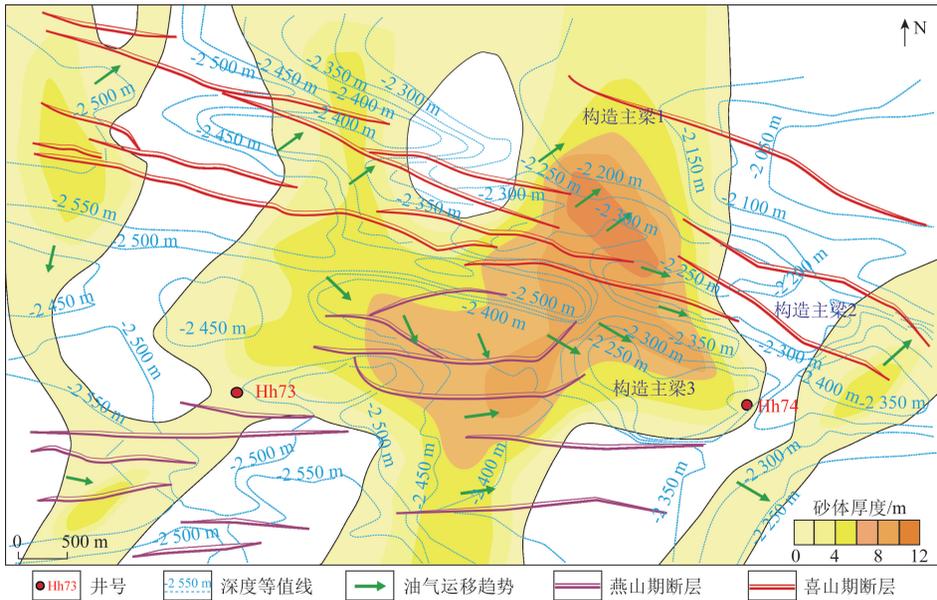


图4 研究区长8段1小层砂体油气运移趋势

Fig.4 Oil-gas migration trend in the first layer of Chang 8 member in the study area

2.3 有效的运移及圈源匹配条件

依据构造等值线、砂体厚度等值线及断层分布叠合还原了研究区长8段1小层砂体油气运移趋势(图4)。其中,喜山期断裂走向主要为NWW向,燕山期断裂为EW向,研究区具有自西南向东北方向变高的地层起伏趋势,整体呈现出3个向东逐渐抬升的构造主梁。研究区的致密储集砂体被断裂分割为多个断块,叠加断裂落差和地层起伏沟槽幅度的影响,形成了沿断裂带分布的有利构造圈闭。油气在纵向上主要沿着断裂带运移,横向上主要向有利构造圈闭运移。邹敏等^[1]的研究表明:早侏罗世—晚白垩世为研究区长7段油页岩排烃时期,同期或者

2.2 致密储集层连片发育

根据区域地质背景,长8段沉积时期鄂尔多斯盆地湖盆发育物源来自西南方向的辫状河三角洲前缘的分流河道沉积,由于水下分流河道的汇合及多期频繁叠置,在研究区形成由西南向东北方向呈带状发育的水下分流河道砂体^[18](图4)。研究区长8段水下分流河道砂体岩性主要为细砂岩和粉砂岩,横向上砂体厚度从河道中央向两侧减薄,直至完全尖灭,纵向上砂体整体呈下粗上细的正递变粒序,砂体中部储层物性较好,向边缘逐渐变差。区域钻井资料显示(图2),长8段砂体发育规模较大,砂地比较高,单井钻遇最薄砂体不到1m,最厚砂体可达38m,平均25m,砂岩含量分布于4.9%~99%,平均51.3%。

之前的燕山期断裂所形成的有利构造圈闭可以有效匹配排烃期,油气充注至有利圈闭而形成构造、岩性油气成藏,而晚于早侏罗世—晚白垩世的喜山期断裂在油页岩排烃期后才形成一系列构造圈闭,这些构造圈闭因没有油气充注而导致含油丰度低。

2.4 有利的盖层及保存条件

研究区长7段中下部油页岩之上覆盖了长7段中上部的厚层暗色泥岩(图2)。长7段中上部暗色泥岩全区稳定展布,岩性为浅灰色泥岩和砂质泥岩,累计厚度超过55m,埋深超过2000m。良好的盖层整体上封隔性能较好,可以有效阻止长7段中下部油页岩生成的油气向上运移。长7段顶部地层展布

表现为东北高、西南低,平均坡降6~8 m/km(图4),地层倾角 $0.3^{\circ} \sim 0.6^{\circ}$,整体相对平缓。在早侏罗世—晚白垩世成藏期后,喜山期构造运动形成的断裂主要发育在研究区的北部,未对南部的圈闭进行重新改造与油气分异,后期整体保存条件相对有利。

2.5 致密油成藏模式

研究区长8段致密油藏烃源岩为长7段中下部油页岩,主要储集层为长8段水下分河道砂岩,盖层为长7段中上部泥岩,烃源岩和储集层紧邻叠置,在空间上构成了成藏条件优越的近源生储盖组合。由于长7段中下部油页岩生成的油气受到长7段中上部厚层泥岩的封隔阻挡,随着油气的不断生成,在烃源岩与储集层压差的驱动下,油气沿断裂带运移并就近充注于长8段致密储集砂体中,形成了致密砂岩油藏(图5)。研究区整体地层相对平缓,油气运移的动力不足,叠加储层物性差、非均质性强等因素,致使致密砂岩内部含油丰度差异大,油气主要富集在物性相对较好的砂岩中上部^[18],中间被泥岩或物性差的砂岩隔开,形成垂向上多层的边底水岩性、构造油气藏。

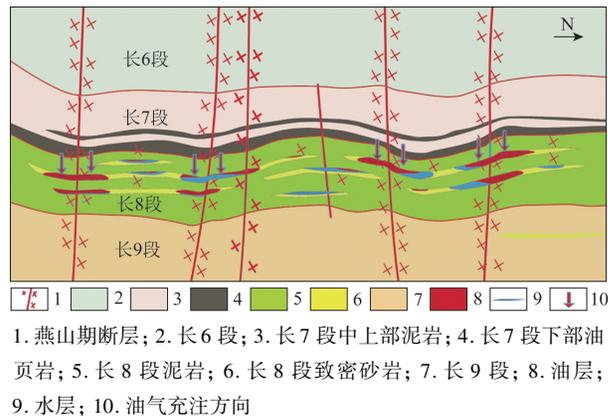


图5 研究区长8段油藏成藏模式示意图

Fig. 5 Schematic diagram of reservoir formation model of Chang 8 member in the study area

表1 研究区部分直井储层参数、含油气级别及油气测试结果

Tab. 1 Reservoir parameters, oil-bearing grades and oil-gas test results for some vertical wells in the study area

井区	井号	储层厚度/m	孔隙度/%	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	主要油气显示级别	日产液/t	日产油/t
HH73 井区	Hh73	19.3	10.2~16.7	0.18~1.63	荧光	3.1	2.1
	Hh97	12.2	2.9~7.5	0.23~1.62	荧光、油迹	7.7	1.5
	Hh166	28.1	13.1~17.3	0.63~1.39	油迹、油斑	24.0	5.3
	Hh143	21.1	9.9~19.8	0.99~2.05	油浸、油斑	6.0	0.6
	Hh144	18.9	5.3~10.6	0.31~1.52	油迹、油斑	8.6	1.6
	Hh87	20.9	10.2~19.8	0.23~2.09	油浸、油斑	16.8	1.8
	Hh146	22.2	6.9~11.1	0.43~0.95	荧光、油迹	22.2	3.9
	Hh147	13.8	4.6~17.2	0.18~1.19	油迹、油斑	2.1	0.8
	Hh85	23.6	8.9~18.1	0.22~0.96	荧光	17.8	5.2
	Hh82	27.3	11.6~17.6	0.98~1.88	油浸、油斑	20.3	1.5

3 致密油富集高产主控因素

通过梳理高产井的地质工程特征,本文认为影响和控制研究区致密油富集高产的主要因素为有利储集砂体展布、有效裂缝发育程度等地质因素,以及井身轨迹与有利储层、断裂带的匹配关系等工程因素,通过明确致密油藏单井的高产主控因素,可以有效指导后期井位部署及油藏开发^[20]。

3.1 有利储集相带

有利储集相带的控制作用体现在以下两个方面。

(1) 储集砂体的规模控制着地下的流体体积。一般而言,储集砂体规模越大和地层储集空间越大,储集的地下流体体积就越大^[21-22]。虽然研究区致密砂岩储层整体上物性较差,但由于砂体规模较大,能为流体储集提供较多的储集空间。表1及储集砂体厚度与日产液量关系(图6(a))显示:产液量与砂体厚度呈明显的正相关,说明较大规模的储集砂体为致密油藏的富集高产提供了空间基础。

(2) 致密储层的物性影响着含油气丰度。本文对研究区已有钻井显示层的含油气显示级别进行了统计分析,从图6(b)中可以看出,储集砂体的物性与油气显示级别有较大的关联性,物性越好,油气充注的含油气丰度越高,油气显示级别就越高。当孔隙度大于15%,渗透率大于 $0.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,主要为油斑以上级别油气显示;当孔隙度为12%~15%,渗透率介于 $(0.4 \sim 0.7) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,主要为油斑级别油气显示;当孔隙度为8%~12%,渗透率介于 $(0.1 \sim 0.4) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,主要为油迹级别油气显示;当孔隙度小于8%,渗透率小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,主要为荧光级别油气显示或干层。

续表

井区	井号	储层厚度/m	孔隙度/%	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	主要油气显示级别	日产液/t	日产油/t
HH74 井区	Hh86	27.6	9.9~16.1	1.05~1.61	油斑	16.9	2.6
	Hh88	26.5	13.3~15.4	0.39~1.09	荧光、油迹	11.2	3.5
	Hh143	23.1	12.3~18.9	0.57~1.82	油迹、油斑	10.9	0.6
	Hh97	12.1	5.1~12.1	0.51~1.31	荧光	14.5	1.8
	HH45	14.2	9.5~16.3	0.32~0.95	荧光	13.2	0.5
	Hh44	18.3	11.2~15.9	0.93~1.65	油迹、油斑	5.6	1.1
	Hh74	17.1	6.3~12.4	0.05~0.22	荧光、油斑	4.3	0.6
	Hh145	12.5	3.5~8.9	0.08~1.91	荧光、油斑	9.1	5.5
	Hh100	21.5	5.6~14.3	0.75~1.92	油浸、油斑	9.3	2.3
	Hh142	8.9	4.2~10.5	0.12~0.78	荧光、油迹	3.6	0.2
	Hh123	12.0	8.2~15.2	0.09~0.72	荧光、油迹	4.2	0.7
	Hh101	17.5	12.1~19.3	0.85~2.11	油浸、油斑	10.6	1.5

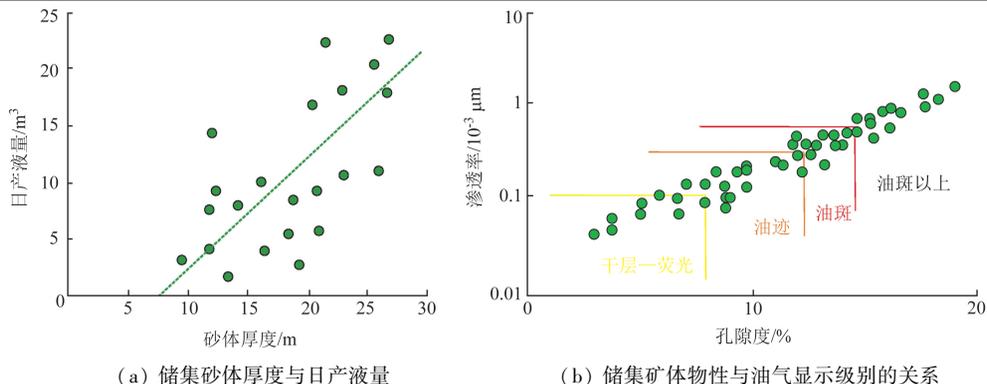


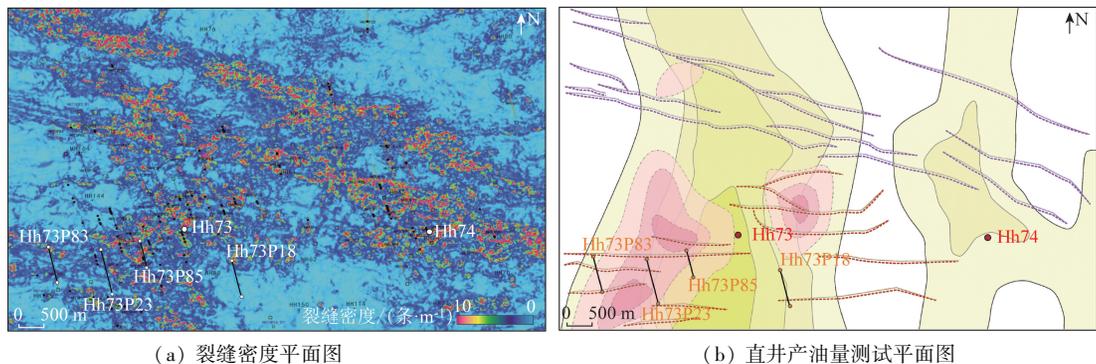
图6 研究区储集砂体与致密油富集高产关系

Fig. 6 Relationship between reservoir sand body and tight oil enrichment and high yield in the study area

3.2 有效裂缝改造

针对致密砂岩油藏,构造裂缝发育可以改善储层物性,为油气提供储集空间。本文基于地震同相轴反射特征,分析最大似然体属性(属性值分布范围为0~1)。地震同相轴越连续,表明裂缝发育的可能性越小,最大似然属性值越小;地震同相轴连续性变得越差,裂缝发育的可能性越大,最大似然

属性值也越大^[23]。运用图像识别技术,对裂缝进行增强显示,并用6口取心井对预测裂缝分布进行了验证,结果显示预测准确度大于95%。从裂缝密度平面图中可以看出(图7(a)),裂缝主要沿断层分布,整体在靠近断层发育的位置裂缝密度大,远离断层的位置裂缝密度小,说明断层对裂缝的形成具有明显的控制作用。



1. 井号; 2. 日油量 > 1 t; 3. 日油量 > 2 t; 4. 日油量 > 3 t; 5. 水平井轨迹及井号; 6. 燕山期断层; 7. 喜山期断层; 8. 砂厚 > 4 m; 9. 砂厚 > 8 m; 10. 砂厚 > 12 m; 11. 砂厚 > 16 m

图7 研究区长8段2小层断裂分布与致密油富集高产关系

Fig. 7 Relationship between fracture distribution and tight oil enrichment and high yield in the second layer of Chang 8 member in the study area

综合研究区长8段2小层裂缝密度(图7(a))与单井(直井)产油量测试(图7(b))发现,研究区砂体厚度大,南部燕山期的EW向断裂附近裂缝发育,可以有效改善低孔特低渗的致密砂岩储层物性,导致储层渗透率数量级的增大,使整体日产油量普遍较高,是研究区日产油量大于1 t的主要分布区。北部喜山期的NWW向断裂带附近虽然也有裂缝发育,但由于其在主要成藏期之后形成,附近圈闭原始含油气丰度低,日产油量也普遍较低。Hh74井区砂体厚度较小,含油气丰度低,开发潜力较小。

3.3 井位配置关系

目前除直井外,由于水平井可以高效开发致密

油藏,因此在研究区得到越来越多的应用,但水平井之间产量差异较大,在有利储层和断裂带的影响下,井身轨迹如果不能实现与油藏最大程度的接触,将直接影响生产井的产量^[24-25],这一现象在研究区长水平段的水平井中尤其明显。研究区水平井的水平段长度多为700~2 000 m,且部署于裂缝发育的位置,一般水平段均会穿过断层,因此研究水平井井身轨迹与油藏、断层的相对关系具有重要意义。研究区断层类型以正断层为主,油层的平均厚度约15 m,对研究区水平井与油藏、正断层的相对关系进行统计,发现三者的匹配关系主要有4种类型(图8)。

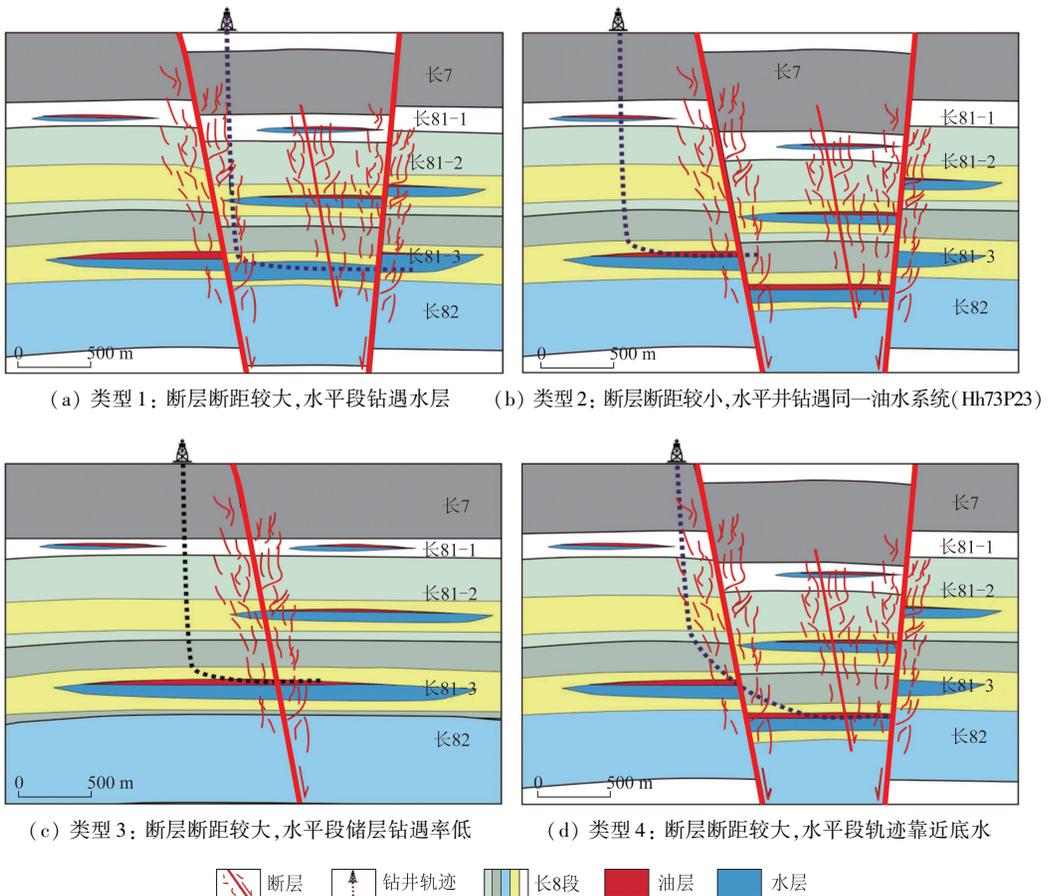


图8 研究区井身轨迹与断层、油藏的匹配与致密油富集高产关系

Fig. 8 Relationship between well trajectory, fault and reservoir matching and tight oil enrichment and high production in the study area

类型1: 水平段钻遇正断层的下降盘,由于断距较大且封隔较差,位于低部位的石油经断层运移至高部位的断层上升盘,导致水平井井身轨迹直接钻遇正断层下降盘不含油的水层,后期生产中开发效果最差,水平井只出水不产油(图8(a))。该类型的水平井主要分布于长8段2小层西部连片砂

体的东南角,且断层断距及延伸长度相对较大的区域,如Hh73P18井(图7(b))累液1 786 t,累油0 t,约占总井数的6%。

类型2: 水平段钻遇正断层的上升盘,当断层的断距较小时(小于5 m),断层的封隔也相对较差。由于水平井钻遇断层的落差较小,在穿过断层

后处于正断层上升盘与下降盘的油层顶部,可以实现井身轨迹与油层的最大化接触。该情况下断层对水平井产量的影响相对较小,水平井产油量最高,含水率最低(图8(b))。该类型的水平井主要分布于长8段2小层西部连片砂体的中部砂岩较厚、断层断距及延伸长度相对较小的区域,如Hh73P23井(图7(b))累液16 996 t,累油9 364 t,约占总井数的19%。

类型3:水平段钻遇正断层的上升盘,由于断层断距较大,水平井的水平段在上升盘的油层中顺利穿行,在钻遇落差较大的正断层后,井身轨迹难以及时调整,进而钻遇至下降盘的油层,导致水平段直接在泥岩段提前完钻,水平段长度相对较低(700~1 500 m),后期生产中只能依靠长度较小的水平段进行油气开发,产液量相对较小,但由于含水低,产油量相对较高(图8(c))。该类型的水平井主要分布于长8段2小层西部连片砂体中部砂岩较厚、断层断距及延伸长度相对较大的区域,如Hh73P85井(图7(b))累液6 410 t,累油2 448 t,约占总井数的37%。

类型4:水平段钻遇正断层的下降盘,由于断距较大且封隔较好,一方面水平井钻遇正断层的落差较大,穿过断层后水平井井身轨迹调整难度大,井身轨迹不处于油层顶部而靠近底水,另一方面正断层的下降盘构造位置较低,导致含油气丰度低,此种情况下虽然水平段储层钻遇率高,但水平井出水严重,产油量并不高(图8(d))。该类型的水平井主要分布于长8段2小层西部连片砂体的东南角断层断距及延伸长度相对较大的区域,如Hh73P83井(图7(b))累液7 277 t,累油1 117 t,约占总井数的38%。

4 结论

(1)研究区长7段全区广泛发育I型油页岩及上覆泥岩盖层,油页岩TOC平均值为5%,烃源岩条件良好,长8段发育由西南向东北方向平均厚度为25 m的水下分流河道发育带状致密砂岩,燕山期断裂形成的有利构造圈闭可以有效匹配排烃期,油气由长7段烃源岩沿断裂带运移并就近充注于长8段致密砂体中,形成了致密砂岩油藏。

(2)储集砂体的规模控制着地层的流体体积,其物性影响着含油气丰度。燕山期构造形成的裂

缝改善了致密砂岩物性,对应的裂缝发育区成为日产油量大于1 t主要分布区域,两者为控制致密油富集高产的地质因素。

(3)井身轨迹与油藏、正断层的匹配关系是影响致密油产量的工程因素,水平段钻遇正断层上升盘且断距较小时开发效果好;水平段钻遇正断层下降盘且断距较大时开发效果差;水平段钻遇正断层上升盘和下降盘且断距较大时,开发效果中等。

参考文献(References):

- [1] 周能武,卢双舫,王民,等.中国典型陆相盆地致密油成储界限与分级评价标准[J].石油勘探与开发,2021,48(5):939-949.
Zhou N W, Lu S F, Wang M, et al. Limits and grading evaluation criteria of tight oil reservoirs in typical continental basins of China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2021, 48(5): 939-949.
- [2] 张家强,毕彩芹,徐银波,等.非常规油气地质调查工程进展与主要成果[J].中国地质调查,2023,10(1):1-19.
Zhang J Q, Bi C Q, Xu Y B, et al. Progresses and main achievements on unconventional oil and gas geological survey[J]. Geological Survey of China, 2023, 10(1): 1-19.
- [3] 赵群,赵萌,赵素平,等.美国页岩油气发展现状、成本效益危机及解决方案[J].非常规油气,2023,10(5):1-7.
Zhao Q, Zhao M, Zhao S P, et al. The development status, cost-effectiveness crisis and solution of shale oil and gas in the United States[J]. Unconventional Oil & Gas, 2023, 10(5): 1-7.
- [4] 包书景,李世臻,徐兴友,等.全国油气资源战略选区调查工程进展与成果[J].中国地质调查,2019,6(2):1-17.
Bao S J, Li S Z, Xu X Y, et al. Progresses and achievements of the national oil and gas resource strategic constituency survey project[J]. Geological Survey of China, 2019, 6(2): 1-17.
- [5] 何晨毓,刘丽琼,肖玉茹,等.鄂尔多斯盆地红油油田长8油藏效益开发地质评价参数的确定[J].石油实验地质,2023,45(4):791-796.
He C Y, Liu L Q, Xiao Y R, et al. Determination of geological evaluation parameters for profitable development of Chang 8 tight oil reservoir in Honghe oil field, Ordos Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2023, 45(4): 791-796.
- [6] 张卫刚,陈刚,郭望,等.鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组下组合油源特征综合研究[J].西北地质,2020,53(4):140-152.
Zhang W G, Chen G, Guo W, et al. Comprehensive research of oil-source rock correlation of lower Yanchang formation in Jiuyan field, Ordos basin[J]. Northwestern Geology, 2020, 53(4): 140-152.
- [7] 杨桂林,任战利,何发岐,等.鄂尔多斯盆地西南缘镇泾地区断缝体发育特征及油气富集规律[J].石油与天然气地质,2022,43(6):1382-1396.
Yang G L, Ren Z L, He F Q, et al. Fault-fracture body growth

- and hydrocarbon enrichment of the Zhenjing area, the southwestern margin of the Ordos Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2022, 43(6):1382-1396.
- [8] 张鹏, 张金功, 霍苗, 等. 致密储油层综合分类评价定量方法[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2020, 35(2):13-19.
Zhang P, Zhang J G, Huo M, et al. Comprehensive classification and evaluation method of tight oil reservoirs [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition)*, 2020, 35(2):13-19.
- [9] 马立元, 胡才志, 邱桂强, 等. 鄂尔多斯盆地镇泾地区长8段储层非均质性及其结构模式[J]. 沉积学报, 2020, 38(5):1088-1098.
Ma L Y, Hu C Z, Qiu G Q, et al. Heterogeneity and structural pattern of chang 8 reservoir in Zhenjing area, Ordos basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2020, 38(5):1088-1098.
- [10] 向敏, 刘星, 李政胤. 鄂尔多斯盆地七里村油田长7段致密储层孔隙结构特征及流体可动性[J]. 非常规油气, 2024, 11(2):29-36.
Xiang M, Liu X, Li Z Y. Pore structure characteristics and fluid mobility of tight reservoir in Chang7 Member of Qilicun Oilfield in Ordos Basin [J]. *Unconventional Oil & Gas*, 2024, 11(2):29-36.
- [11] 邹敏, 云金表, 王濡岳, 等. 镇泾地区中侏罗统延安组低幅度圈闭成因类型与评价[J]. 断块油气田, 2022, 29(3):313-318, 330.
Zou M, Yun J B, Wang R Y, et al. Genetic type and evaluation of low amplitude traps of Middle Jurassic Yan'an Formation in Zhenjing area [J]. *Fault - block Oil and Gas Field*, 2022, 29(3):313-318, 330.
- [12] 史兵兵, 常象春, 尹伟, 等. 鄂尔多斯盆地镇泾地区长8致密储层成藏期临界物性厘定[J]. 沉积学报, 2020, 38(1):231-243.
Shi B B, Chang X C, Yin W, et al. Determination of lower limits of critical properties of chang 8 tight sandstone reservoirs, Zhenjing block, Ordos basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2020, 38(1):231-243.
- [13] 马立元, 邱桂强, 刘春燕, 等. 鄂尔多斯盆地红河油田延长组储层致密化与石油成藏的关系[J]. 沉积学报, 2020, 38(3):620-634.
Ma L Y, Qiu G Q, Liu C Y, et al. The relationship between reservoir densification and petroleum accumulation of the Yanchang formation in the Honghe oilfield, Ordos basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2020, 38(3):620-634.
- [14] 郭秀娟, 夏东领, 庞雯, 等. 致密油微观孔隙结构精细表征对储层分类的重要作用——以红河油田长8油层为例[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(34):129-136.
Guo X J, Xia D L, Pang W, et al. Significance of microscope pore structure characterization for classification of tight reservoir: Taking the 8th member of Yanchang formation in Honghe oilfield as an example [J]. *Science Technology and Engineering*, 2019, 19(34):129-136.
- [15] 陆红梅, 张仲培, 王琳霖, 等. 鄂尔多斯盆地南部上古生界致密碎屑岩储层预测——以镇泾地区为例[J]. 石油实验地质, 2021, 43(3):443-451.
Lu H M, Zhang Z P, Wang L L, et al. Prediction of tight elastic reservoirs of Upper Paleozoic in southern Ordos Basin: A case study of Zhenjing district [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2021, 43(3):443-451.
- [16] 王辉, 张凤奇, 吴少波, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长8段致密砂岩油分布的相控作用及其模式——以陕北斜坡东南部D地区为例[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2019, 34(5):14-23.
Wang H, Zhang F Q, Wu S B, et al. Facies controlling effect of oil distribution in tight sandstone of chang 8 member of Yanchang formation, Ordos basin and its mode: A case study of D area in the southeast of Shaanbei slope [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition)*, 2019, 34(5):14-23.
- [17] 赵卫卫, 李富康, 单长安, 等. 延安地区延长组长7段陆相泥页岩孔隙类型及其吸附特征研究[J]. 非常规油气, 2023, 10(1):32-43.
Zhao W W, Li F K, Shan C A, et al. Pore types and adsorption characteristics of continental mud shale in Chang7 member of Yanchang formation of Yan'an area [J]. *Unconventional Oil & Gas*, 2023, 10(1):32-43.
- [18] 屈童, 高岗, 梁晓伟, 等. 鄂尔多斯盆地长7段致密油成藏机理分析[J]. 地质学报, 2022, 96(2):616-629.
Qu T, Gao G, Liang X W, et al. Analysis of tight oil accumulation mechanism of Chang 7 member in the Ordos basin [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2022, 96(2):616-629.
- [19] 肖正录, 李勇, 喻健, 等. 致密油“近源成藏”关键地球化学证据——以鄂尔多斯盆地延长组近源组合为例[J]. 石油实验地质, 2023, 45(3):517-527.
Xiao Z L, Li Y, Yu J, et al. Key geochemical evidence of “near-source accumulation” of tight oil: A case study of near-source assemblage of Triassic Yanchang formation in Ordos basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2023, 45(3):517-527.
- [20] 王春伟, 韩淑乔, 杜焕福, 等. 东营凹陷低渗透岩性油藏储层非均质性特征及水驱剩余油分布规律[J]. 海洋地质前沿, 2024, 40(1):36-43.
Wang C W, Han S Q, Du H F, et al. Heterogeneity of low permeability lithologic reservoir and distribution of remaining water-driven oil in Dongying Sag [J]. *Marine Geology Frontiers*, 2024, 40(1):36-43.
- [21] 张瑶瑶, 杨水胜, 刘宇琪, 等. 鄂尔多斯盆地靖边油田沙洼沟地区延安组延9油藏富集规律[J]. 西北地质, 2023, 56(2):213-224.
Zhang Y Y, Yang S S, Liu Y Q, et al. Enrichment enrichment regularity of Y-9 reservoir of Yan'an formation in Shawagou area of Jingbian oilfield, Ordos basin [J]. *Northwestern Geology*, 2023, 56(2):213-224.
- [22] 赵英龙, 赵梅芳, 牛永丰, 等. 鄂尔多斯盆地富县西区长8储层特征及其控油作用[J]. 非常规油气, 2024, 11(1):36-44.
Zhao Y L, Zhao M F, Niu Y F, et al. Reservoir characteristics and

its oil – controlling effect of Chang8 in western Fuxian area, Ordos Basin[J]. *Unconventional Oil & Gas*, 2024, 11(1): 36 – 44.

- [23] 刘志远. 克拉通盆地区域裂缝带的识别与分布研究——以鄂尔多斯盆地南部镇泾地区延长组长8段为例[J]. *非常规油气*, 2022, 9(3): 11 – 20.

Liu Z Y. Identification and distribution of regional fractures zone in Craton basin; Take the Chang8 Member in Yanchang formation in Zhen – Jing area, southern Ordos basin as an example[J]. *Unconventional Oil & Gas*, 2022, 9(3): 11 – 20.

- [24] 张建华, 常象春, 尹伟, 等. 鄂尔多斯盆地红河油田致密油藏过剩压力与油气富集[J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*,

2018, 33(5): 9 – 16.

Zhang J H, Chang X C, Yin W, et al. Overpressure and hydrocarbon accumulation in tight oil reservoirs of Honghe oilfield, Ordos basin[J]. *Journal of Xi'an Shiyu University (Natural Science Edition)*, 2018, 33(5): 9 – 16.

- [25] 邓学峰, 强星, 斯容, 等. 红河油田长8致密储层渗吸采油影响因素分析及矿场应用[J]. *非常规油气*, 2023, 10(5): 91 – 96, 120.

Deng X F, Qiang X, Si R, et al. Main controlling factors of imbibition oil recovery technology and field application in Chang8 tight oil reservoirs in Honghe oilfield[J]. *Unconventional Oil & Gas*, 2023, 10(5): 91 – 96, 120.

Main controlling factors of tight oil enrichment and high yield in a certain area of TH depression in Ordos Basin

WANG Zhao

(*Geophysical Exploration Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Shandong Dongying 257022, China*)

Abstract: A certain area of TH depression in Ordos Basin has tight reservoir and good oil – gas exploration potential, but the main controlling factors of tight oil enrichment and high yield are not clear, which seriously restricts the efficient exploration and development of this area. The geological characteristics of the reservoir in the study area were studied on the basis of seismic, drilling, geochemistry and dynamic production data. The tight oil accumulation conditions in member 8 of Yanchang Formation (Chang 8 member) were sorted out, and the main accumulation models were established to identify the main controlling factors of tight oil enrichment and high yield. The results are as follows. ① The high quality source rock and upper mudstone cover of member 7 of Yanchang Formation (Chang 7 member) are widely distributed, and the underwater distributary channel of Chang 8 member is favorable for reservoir development. The oil – gas is injected downward from source rocks of Chang 7 member to the sand body of Chang 8 member. And the cycle source matching and preservation conditions are favorable, resulting in the formation of a tight sandstone reservoir. ② The size and physical properties of the reservoir sand body control the oil reserves and hydrocarbon abundance. The physical properties of tight sandstone are improved by the fractures formed by Yanshanian tectonics, and the corresponding fracture development area is the main area with oil production greater than 1t per day. ③ The upwelling of normal faults with smaller drilling intervals in the horizontal segment has a good development effect, while the downwelling of normal faults with larger drilling intervals in the horizontal segment has a poor development effect. Favorable reservoir facies belt, effective fracture reconstruction and well location configuration are the main factors controlling tight oil enrichment and high production. The research achievements have guiding significance for the subsequent well location deployment and reservoir development in the study area.

Keywords: Ordos Basin; tight oil; enrichment and high yield; main controlling factor

(责任编辑: 魏昊明)