

韩雪芳,文佳涛,王永平,等.辽东湾地区 Z 油田常规砂岩油藏流体分布控制因素[J].海洋地质前沿,2023,39(8):84-92.

HAN Xuefang, WEN Jiatao, WANG Yongping, et al. Controlling factors of fluid distribution in common sandstone reservoirs of Z Oilfield in Liaodong Bay[J]. Marine Geology Frontiers, 2023, 39(8): 84-92.

辽东湾地区 Z 油田常规砂岩油藏流体分布控制因素

韩雪芳,文佳涛,王永平,程大勇,蔡越轩

(中海石油(中国)有限公司天津分公司,天津 300459)

摘要:流体分布控制因素是油气勘探开发的重要研究方向。辽东湾海域 Z 油田沙河街组为典型的常规砂岩层状构造油藏,流体分布复杂。为进一步明确流体分布差异的控制因素,利用油田多年开发的动静态资料,系统梳理流体垂向及平面发育特征,总结沉积和构造双因素对流体分布的控制作用。研究表明:Z 油田垂向流体分布可划分为连续集中型和多段分散型;平面流体分布主要表现为连片型、分散型、分块型和局部倒置型。平面流体的分布主要受控于砂体平面展布形态和连通性,断层封堵性和断裂组合方式,以及局部复杂化的构造形态;砂体间发育的隔层控制着垂向流体分布。沉积和构造因素的双重影响,加剧了研究区平面及垂向流体分布的差异性,呈现出多流体系统的流体分布特征。系统总结流体分布主控因素,对油田后续高效开发具有较好的指导意义。

关键词:砂岩油藏;流体分布;砂体连通性;构造形态;断层

中图分类号:P736;P744.4 文献标识码:A DOI:10.16028/j.1009-2722.2022.296

0 引言

流体分布规律及控制因素是油气勘探开发的重要研究方向^[1]。成藏理论认为油气从烃源岩中排出后会在重力分异作用下向构造高部位运移,将原本赋存于储集空间内的地层水驱替排出,最终在圈闭内的高部位聚集成藏,形成“上气下油、上油下水”的分布格局^[2-3]。然而,随着油气勘探开发的深入,流体分布的差异性和复杂性屡见不鲜,对油田勘探开发均造成了一定的影响。多位学者在松辽盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地、渤海湾盆地和东海陆架盆地开展相关研究,深入剖析不同类型油藏的流体分布特征,进而明确流体分布的主控因素,为油田开发提供重要依据^[4-12]。

辽东湾海域 Z 油田沙河街组整体为常规砂岩层状构造油藏。根据油田断裂发育特点及开发设

计,将 Z 油田划分为 A、B、C 3 个区块,其中 A 和 C 区块先期实施,且已全部投入开发生产,B 区块处于开发方案实施阶段。A、C 区块的开发生产实践证明,2 个区块流体分布非常复杂,表现为不同的区块具有不同的流体系统,同一区块的不同层位发育不同的流体系统,即使同一区块相同层位的不同砂体也会具有不同的流体系统。复杂的流体分布,极大影响了区块注采井网的部署,制约着开发方案的实施。结合 A、C 区块的开发经验,认为 B 区块目前井数较少,流体分布认识不清,可能存在流体分布复杂化的风险。因此,明确流体分布主控因素、规避潜在风险,有针对性地制定实施策略,最大限度规避流体分布对开发的影响,是油田开发亟需解决的问题。

目前,对于研究区流体分布特征的研究相对较少,仅针对研究区单一成熟区块探讨了 A 或 C 区块开发方案实施前后流体特征变化及原因,阐述了构造形态或砂体发育特征对流体平面分布的控制作用,有效指导了区块的开发调整,扭转了注采不受效、动用程度低、开发不均衡的不利局面,获得了较好的开发效果^[13-15]。但仍缺乏对整个油田流体分布规律的综合研究,如系统梳理平面和

收稿日期:2022-10-25

资助项目:“十三五”国家科技重大专项“渤海油田高效开发示范工程”(2016ZX05058)

作者简介:韩雪芳(1984—),女,硕士,高级工程师,从事油气田开发地质方面的研究工作。E-mail:hanxf@cnooc.com.cn

垂向流体分布类型, 对比不同区块流体分布差异, 总结不同流体分布样式的控制因素等。因此, 本文在以往研究的基础上, 结合丰富的动静态资料, 从研究区沉积和构造角度出发, 分析成熟区块平面及垂向流体分布规律, 总结流体分布样式; 进一步探讨砂体平面展布形态和连通性、储层垂向非均质性、断裂系统和构造形态对流体分布的控制作用; 预测和评价流体分布的潜在风险和潜力, 以期对 B 区块的流体分布认识提供借鉴, 从而有效

指导油田高效开发。

1 区域地质概况

Z 油田位于渤海辽东湾中部海域, 辽西低凸起北部倾末端, 辽西凹陷北洼东侧, 整体呈 NE-SW 走向的半背斜构造; 受 NE 向边界断层 F1 控制, 形成了一系列近 EW 向伴生断层, 致使研究区内断裂较为发育^[13-16](图 1)。

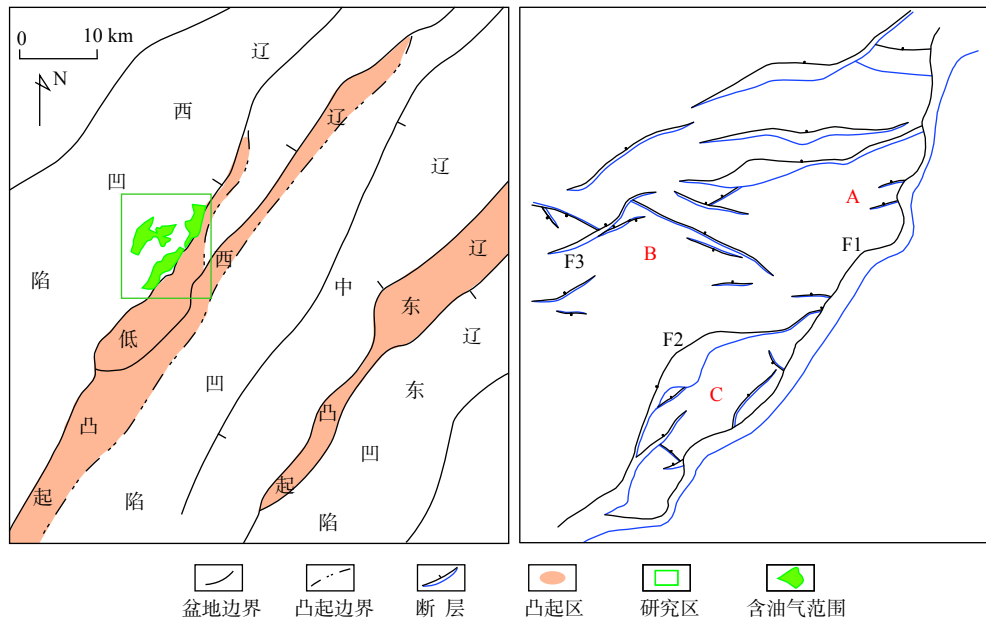


图 1 Z 油田区域构造位置 (左) 及构造 (右) 纲要图

Fig.1 Sketch map of the location and structure of Z Oilfield

Z 油田主力含油气层位为古近系沙河街组。区域沉积古环境研究表明, 该油田在古近系处于深水湖泊与三角洲交互环境中, 物源主要来自西北部的燕山褶皱带古东沙河水系和东部辽西低凸起; 受古地貌与物源双重控制, A 区以陡坡带扇三角洲相为主, 而 B 和 C 区主要发育缓坡带辫状河三角洲。储层岩性主要为细砂岩、中-粗砂岩, 局部含砾; 储层孔隙发育, 储集空间类型以原生粒间孔为主, 其次是粒间溶孔等次生孔隙; 平均孔隙度为 23.0%, 平均渗透率 $298.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 具有中孔中渗的储集物性特征; 原油属于轻质原油, 平均地面原油密度为 0.846 t/m^3 ; 油藏类型以层状构造油藏为主, 局部受岩性控制(图 2)。

油田提供了丰富的物质基础; 油田东侧边界断层 F1 沟通了烃源岩富集的辽西凹陷, 晚期发育的断层

2 流体分布特征

前人研究认为, Z 油田油气主要来源于辽西凹陷北洼, 沙三段巨厚的半深湖-深湖相暗色泥岩为

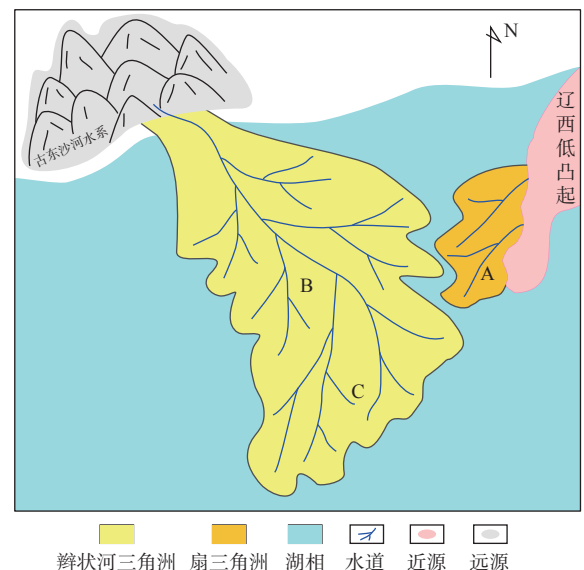


图 2 Z 油田沙河街组沉积相

Fig.2 Sedimentary facies of Shahejie Formation in Z Oilfield

输导系统作为油气侧向运移的主要通道,与优质的沙二段辫状河三角洲储集砂体和沙三段扇三角洲储集砂体,构成了“下源上储、源储相邻”的油气聚集组合模式;同时,东三段和沙一段发育的厚层稳定泥岩封盖性能好,与沙河街组砂岩储层形成了良好的储盖组合,为油田的形成奠定了良好的成藏基础^[16-17]。研究区70余口井沙河街组油气钻遇情况也表明,该区油气充注能力强、成藏条件好,平均含油气柱高度约200 m,个别区块可达300 m以上。

本研究采用动静结合的方式,系统总结流体分布特征及发育类型。一方面利用油田钻井、测井和

地震等静态资料,开展井震标定、地震相识别和沉积相刻画,明确平面及垂向砂体叠置关系;另一方面利用油田投产后的压力、产吸剖面测试、示踪剂等动态资料,分析井间注采受效和生产规律,明确砂体连通关系。

根据Z油田单井沙河街组流体发育情况,认为垂向流体分布整体表现为连续集中型和多段分散型。在油田范围内,连续集中型大多表现为多层且具有统一的流体界面,流体系统相对单一,而多段分散型呈现多层多藏的特点,流体系统相对复杂(图3)。

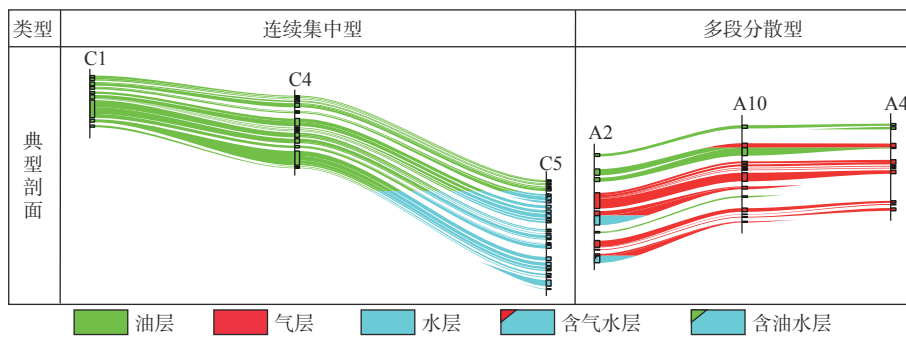


图3 Z油田流体垂向分布类型

Fig.3 Types of vertical distribution of fluid in Z Oilfield

平面上流体分布整体受构造控制,表现为构造高部位为气层或油层,而构造低部位发育油层或水层,个别区块由于局部构造形态的变化,出现了局部油水倒置、气水倒置或油气倒置的现象,呈现出“高水低油、高水低气及高油低气”等流体分布特征。个别区块油水分布还受砂体展布及连通性的控制,平面分布的连续性相对较差,油水分布特征复杂。总体上看,Z油田平面主要发育连片型、分散型、分块型和局部倒置型4种分布类型,其中连片型和局部倒置型整体表现为一套流体系统,而分散型和分块型则表现为多套独立的流体系统(图4)。

因此,结合油气水的分布规律,综合认为Z油田的流体分布主要受沉积条件和断裂体系的双重控制,在纵向、横向上发育多套流体系统。

3 流体分布控制因素

3.1 沉积因素

3.1.1 砂体平面展布形态及连通性

根据区域沉积认识,研究区主要发育辫状河三角洲和扇三角洲沉积;不同沉积相类型的砂体形态

和连通性存在差异,进而会影响流体在平面的分布特征。

(1) 多期叠置不连通砂体形成多套流体系统

A区在沙三段沉积时期发育了一套泥岩背景下的厚层扇三角洲沉积砂体。依据地震反射特征,储层段呈现断续、杂乱的地震反射特征,其中,构造低部位表现为亚平行地震相,构造高部位表现为透镜状和楔状地震相,反映了多期次、多扇体退积叠置的沉积特点(图5)。开发井实钻证实,该区块多井钻遇油水界面,构造高部位A1井钻遇油水界面与低部位A28井钻遇油水界面相差300 m,呈现“一砂一藏”的特点。油田投产后的压力资料、注采对应关系和示踪剂测试等动态资料也进一步证实砂体连通性较差^[14](图5)。

因此,在中孔中渗储层中,不同砂体之间存在渗流屏障,会阻碍油气运移,使赋存于低部位砂体内的油气未能运移至高部位砂体聚集成藏,导致砂体之间不连通,形成了多流体系统、呈分散状分布的特点。

(2) 连片稳定连通砂体形成单一流体系统

C区块沙二段是研究区的主力开发区块,从该区块的流体分布特征来看,东西两侧构造的含油气

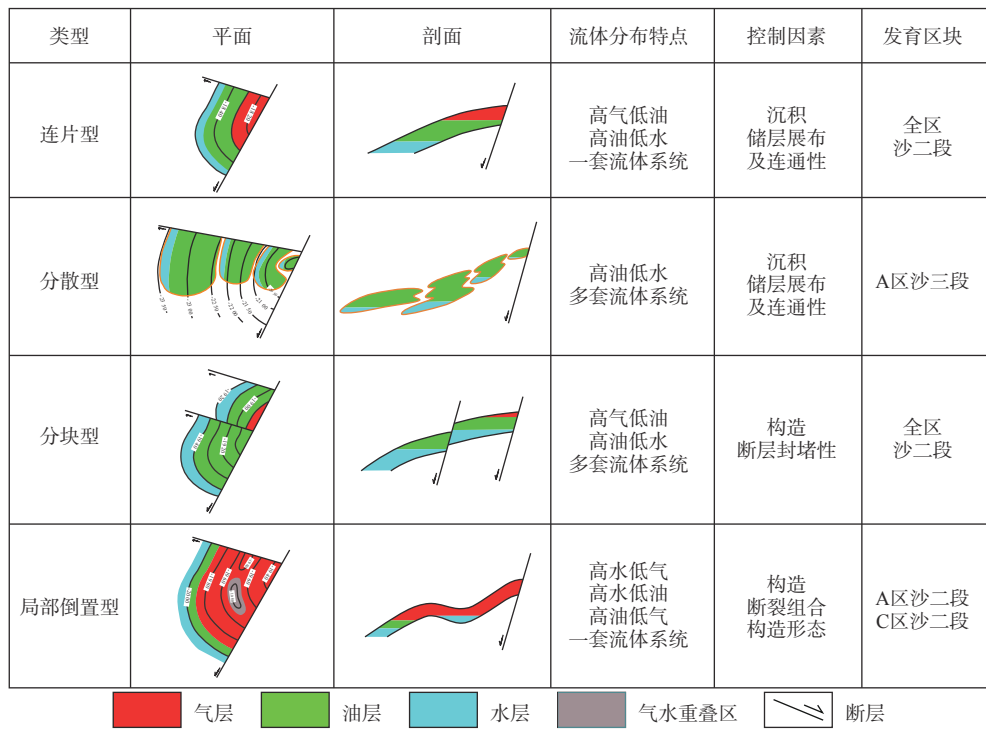


图 4 Z 油田流体平面分布特征

Fig.4 Characteristics of planar distribution of fluid in Z Oilfield

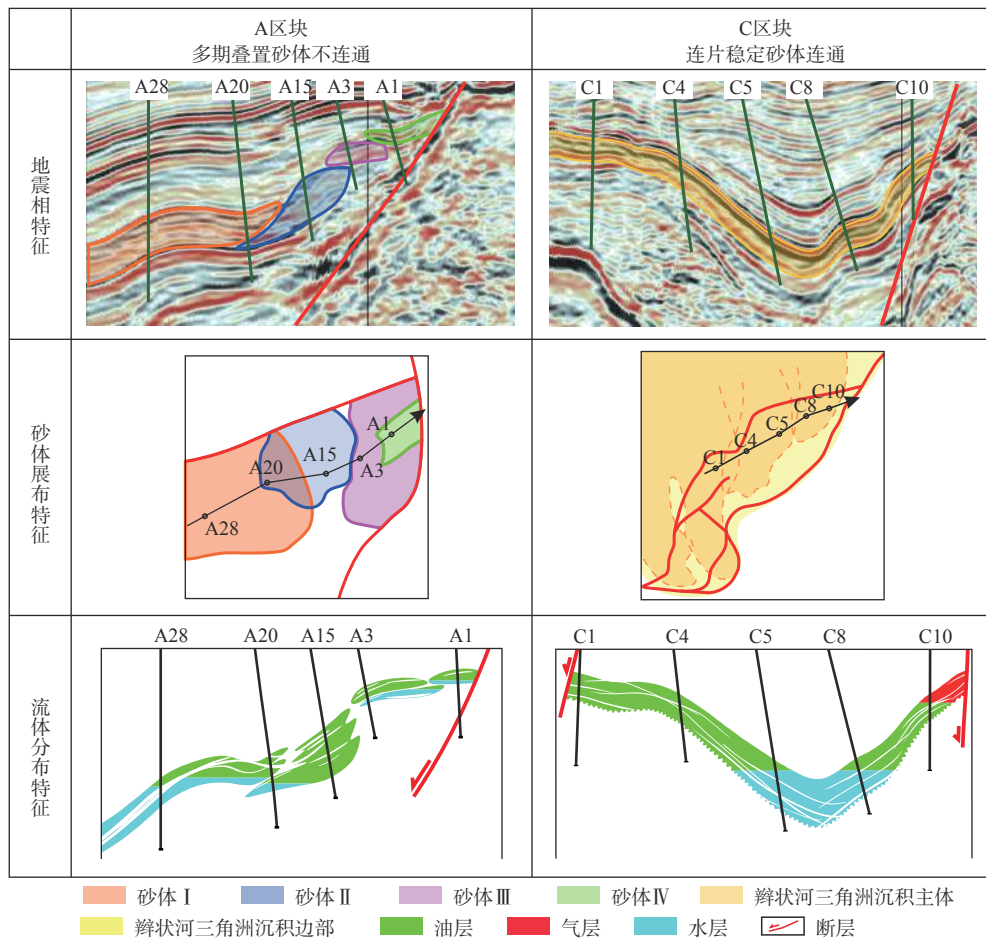


图 5 砂体平面展布与流体分布关系

Fig.5 Relationship between sand body planar distribution and fluid distribution

特征是存在差异的。东侧为带气顶的油藏且具有统一的油水界面,但气油界面矛盾、呈现“油气倒置”的现象,西侧为纯油藏。然而,当东侧第1口采油井C8井投产时,该井周边仅有西侧的1口注水井C5井注水,采油井的生产动态特征显示产液量比较稳定,流压在5个月之内持续上升了1.7 MPa,说明两口井之间的注采受效关系好,2个构造高点是连通的。

综合分析认为,C区块受物源供给影响,辫状河三角洲水下分流河道砂体相互交错,广泛接触,整体表现为砂岩含量高、厚度大、渗透性好;且井间砂体对比性强,地震同相轴连续性好,储层横向展布连续稳定,形成了“泛连通体”^[2](图5)。连片稳定分布的砂体具有良好的连通性,为油气运移和储集提供了有利的场所,造成C区块形成了具有统一油水界面的层状构造油气藏,流体分布呈连片状。

3.1.2 储层垂向非均质性

在沙二段沉积时期,湖盆断陷作用逐渐减弱;随着基准面逐渐下降;研究区东侧辽西低凸起剥蚀范围明显扩大,但是凸起高差较小,地势整体宽缓,供源能力逐渐减弱,造成A区沙二段扇三角洲发育的规模也逐渐变小。

根据沉积旋回性特征,A区沙二段储层垂向分段性明显,泥岩隔层发育,平均厚度约10 m。隔层是储层中阻止流体渗流的非渗透层,将相邻两砂层分割成相互独立的储层,在垂向上阻止不同层位的油水相互混合,为油气的聚集和保存提供了非常好的遮盖条件,同时也加剧了油、气、水的条带状分布^[8,18]。因此,造成了A区沙二段垂向发育多套流体系统,最低与最高流体界面相差近150 m。

3.2 构造因素

3.2.1 断裂特征

前人研究认为,新生代以来区域构造演化可分

为4个阶段,即古近系孔店组至沙三段的伸展裂陷阶段、沙二段至沙一段的热沉降阶段、东营组的走滑拉分再次裂陷阶段以及新近纪以来的裂后拗陷阶段^[18-20]。Z油田的形成和分布受边界断层及其派生断层所构成的断裂系统所控制。断层作为含油气盆地中的重要构造现象,油气会沿断裂发生垂向或侧向运移,并聚集在与断层相关的圈闭中,聚集数量取决于断层侧向封闭能力;断层侧向封闭性影响圈闭的含油性,断层的封闭作用对油水平面分布有强烈的分割作用,决定圈闭的油水分布规律^[21-23]。

Z油田C区块东西两侧边界断层F1、F2具有走滑性质,在走滑运动中会因为走滑断层两盘岩性的差异导致走滑受阻而形成局部的弯曲段。随着走滑位移量的增大,调节断裂的挤压幅度逐渐变大,断裂逐渐封闭,使其具有遮挡流体继续运移的作用^[20,24]。研究区C区主体块与其相邻的北块被西侧边界断层F2(图1)所分割,开发井实钻揭示主体块油水界面为-2 080 m,北块油水界面为-2 104 m,二者相差24 m;2个断块的油水界面不一致,说明西侧边界断层具有一定的封堵性,对流体系统具有一定的分割作用,造成不同的断块具有不同的流体系统,使流体分布呈现分块的特点。

同时,断裂系统的组合方式对流体分布也具有一定的控制作用。基于精细构造解释,认为C区块西侧边界断层F2呈多段雁列式展布,由3条断层呈雁列式排列所组成,早期发育断层D,随着后期构造运动,依次发育断层E和断层F,平面断层走向呈“S”型弯曲(图6a)。断层之间相互搭接组合,形成了2种类型的封闭断块,一种是由E和F形成的全封闭断块(图6b),另一种是由D和E形成的半封闭断块(图6c)。由于断层具有封堵性,前者与主体块相互独立,发育不同的流体系统,甚至没有充注油气。而后者虽然有局部地层水未排出,与主体

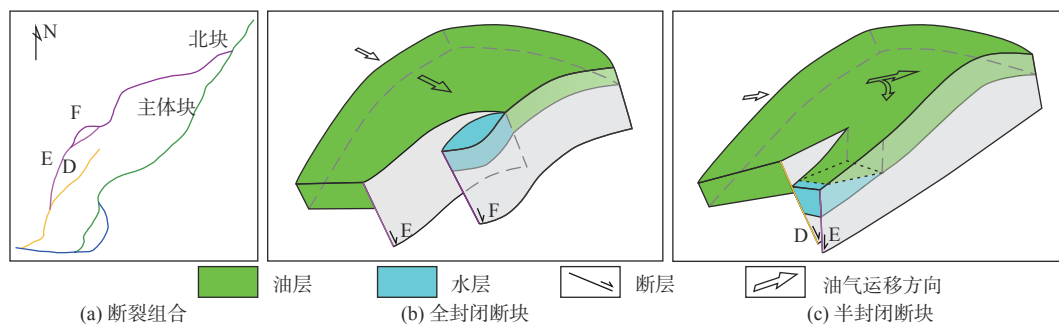


图6 断裂组合与流体分布关系

Fig.6 Relationship between sand fault combination and fluid distribution

区流体分布矛盾, 呈现局部油水倒置的现象, 但二者相互连通, 具有统一的流体系统。

3.2.2 构造形态

由于断层的走滑运动“转换”而生成的各种张性、压性或张扭性的走滑转换构造, 对油气成藏具有明显的控制作用。走滑转换带构造活动强烈, 会形成规模较大的挤压隆起, 在压扭性断裂作用下可进一步分割成大量的背斜、半背斜圈闭, 并在一定程度上控制着圈闭形态, 影响着油气藏的形成^[24-25]。同时, 在油气成藏过程中, 由于油、气、水密度不同, 在圈闭中发生重力分异, 油气顺层运移的动力也会受到地层倾角的影响, 形成油气藏的流体界面, 因此, 圈闭的构造形态在一定程度上控制着流体的分布^[13]。

在分析成藏规律的基础上, 重点剖析局部复杂化的构造形态对流体分布的影响, 认为局部发育的小型复杂构造控制着圈闭的聚集能力, 造成局部地层水未排出, 形成流体差异聚集的现象。

(1) 单一小型负向构造对流体分布的影响

A 区块沙二段整体呈现出“西低东高”的单一断裂半背斜构造形态, 局部发育单一负向小型构造, 圈闭顶、底面局部构造形态发生变形。在油气充注过程中, 天然气首先在东侧靠近边界断层的构造高部位聚集成藏, 随着天然气数量的增加, 天然气会溢出负向小型构造的顶面最低点 M 向西侧构造下倾方向聚集; 当天然气充注至负向小型构造底面最高点 M' 时, 由于排驱负向构造下部水体所需排驱压力较大, 天然气会选择沿着地层倾向继续充填负向构造之外的储集空间, 造成负向构造内有局部地层水未被油气驱替, 形成的气水界面高于整个油气藏的气油界面^[11]。因此, A 区局部气水倒置现象的出现, 主要受局部小型构造的影响, 在油气资源充足的情况下, 负向小型构造底面最高点 M' 控制负向构造内油气最大的聚集量(图 7)。

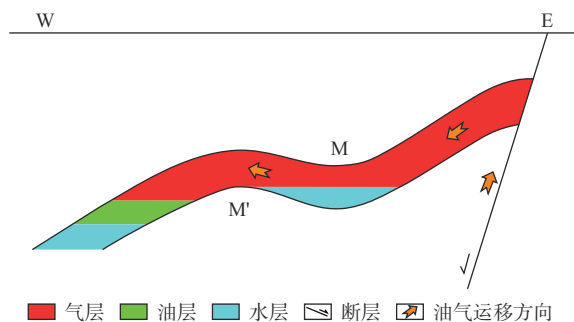


图 7 单一小型负向构造与流体分布关系

Fig.7 Relationship between single negative structure and fluid distribution

(2) 多个连续小型正向构造对流体分布的影响

Z 油田 C 区块受东西两侧边界断层 F1、F2 右旋走滑作用的影响, 在断层之间形成了走滑转换带, 造成东西两侧发育规模较大的挤压隆起, 形成“一洼挑两高”的构造格局^[14]。然而, 研究区中间洼地不是一个单一的负向构造, 而是发育 3 个局部小型正向构造, 由北向南依次为①、②、③号小隆起, 形成了 3 个小隆起与 2 个洼子相间排列的特点, 呈现出由北向南逐渐降低的洼隆相间的圈闭形态。根据成藏理论, 油气在越过①号小隆起完成由东向西的充注之后, 开始进行 SN 向的油气充注; 在充注过程中, 3 个小隆起决定着圈闭中油气由北向南的运移方向和油气的充满程度, 南侧构造位置最低的③号小隆起控制了整個圈闭最大聚集能力, 影响了研究区的油水分布^[14](图 8)。实践证明, Z 油田 C 区块的油水界面与南侧构造低的③号小隆起顶面构造深度基本一致, 这也充分说明局部发育的多个正向小型构造为油气充注提供了有利的运移通道和聚集场所, 是 C 区块形成优质油气资源的有利条件, 为该区块的高效开发奠定了坚实的物质基础。

由此可见, 圈闭富集油气的能力受圈闭的大小和规模所控制, 而圈闭的大小往往取决于圈闭的“溢出点”。对于受局部微构造影响的构造相对复杂的圈闭“溢出点”, 只有在充分认识圈闭构造形态的基础上, 才能找到决定圈闭最大充注能力的“溢出点”。

4 矿场应用实践

以上分析表明, 研究区平面流体分布受控于砂体平面展布形态和连通性、断层封堵性和断裂组合方式, 以及局部复杂化的构造形态。在具体矿场应用过程中, 应根据实际情况分析多种影响因素, 从而得出研究区成藏主控因素。

研究区 B 区块目前处于开发方案实施阶段。主力开发层系为沙二段, 发育了一套辫状河三角洲沉积砂体, 与 B 区块沙二段储层特征具有相似性; 平面上砂体叠置连片, 储层横向连续性好; 垂向上砂体厚度大, 夹层厚度薄。基于精细构造解释, B 区块内部断裂发育, 断层组合关系复杂。主要表现在: 断层侧向封堵性和断裂组合关系, 将平面划分出多个小断块, 这些小断块的流体界面可能与主体块不一致; 局部发育单一小型负向构造, 形成 2 个构造

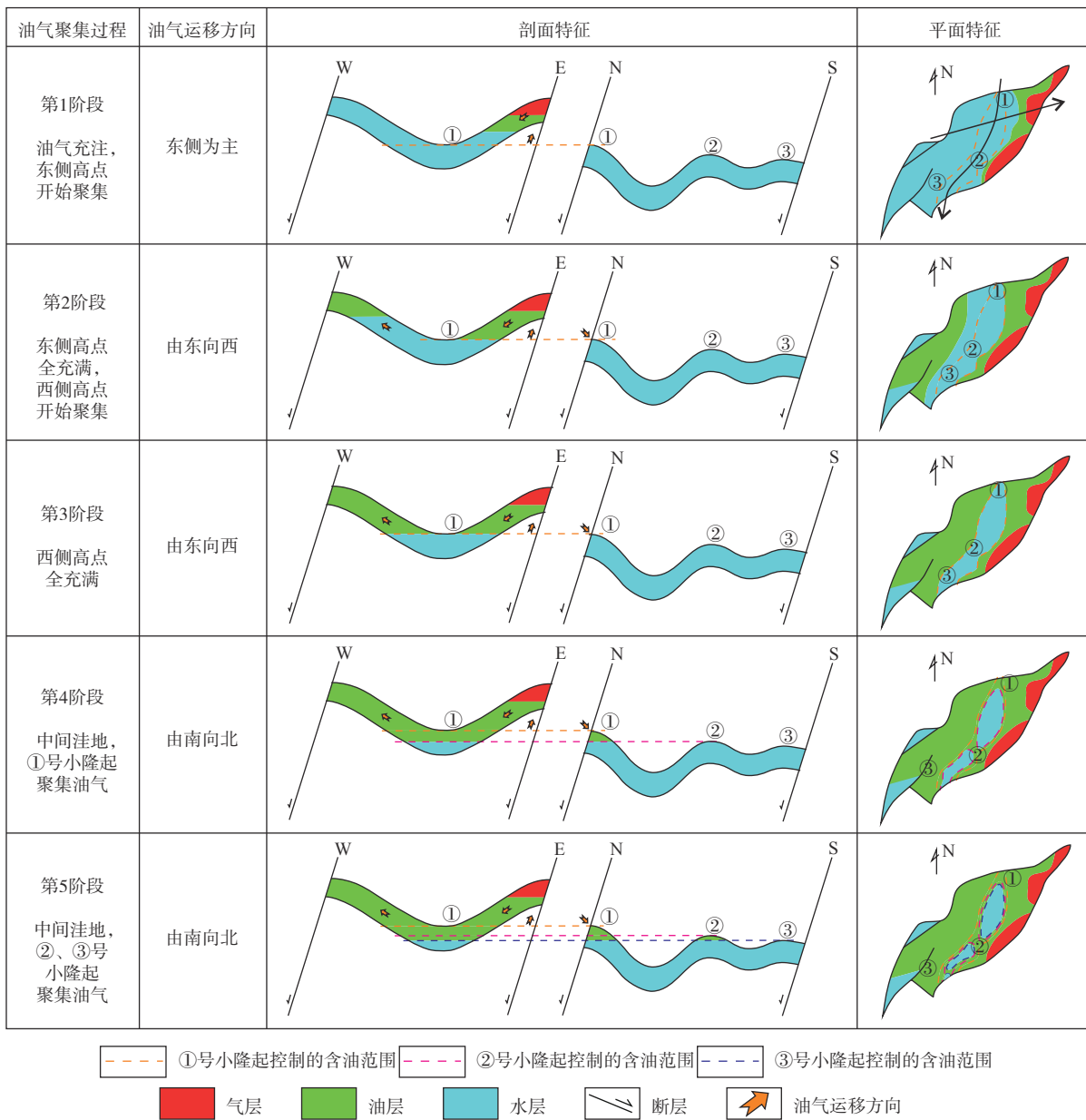


图8 多个连续小型正向构造与流体分布关系

Fig.8 Relationship between multiple positive structures and fluid distribution

高点由一个鞍部所连接的构造形态, B1 井和 B2 井所在的 2 个高点可能为同一油气藏, 具有统一的油水界面。综合分析认为, 构造因素是影响 B 区块流体分布的主要因素。

针对以上 2 种潜在风险, 制定相应的实施策略和风险预案, 分别利用 1 口开发井进行先期评价。开发井实钻结果表明(图 9), B 区块平面流体分布整体以连片型为主, 受断裂及构造形态的影响, 局部出现分块型和倒置型; 垂向上整体表现为连续集中型流体分布特征。B7 井钻遇的油水界面较主体块变浅 20 m, 断层 F3 具有遮挡油气的作用, 造成断层两侧油水界面的差异; 由于 B7 块为独立小断块,

储量规模减少, 优化风险井位 2~4 口。B8 井位于 B1 井和 B2 井之间的构造鞍部, 钻后揭示油水界面与 B2 井油水界面一致, 说明受局部单一小型负向构造影响, 即使 2 个构造高点气油界面相差 74 m, 出现高油低气的局部倒置现象, 2 个高点仍相互连通。因此, 在主体区仍采用整体考虑注采井网部署的策略, 局部优化调整开发井的井型和井位, 提高储量动用程度。

5 结论

(1) Z 油田垂向流体分布可划分为连续集中型

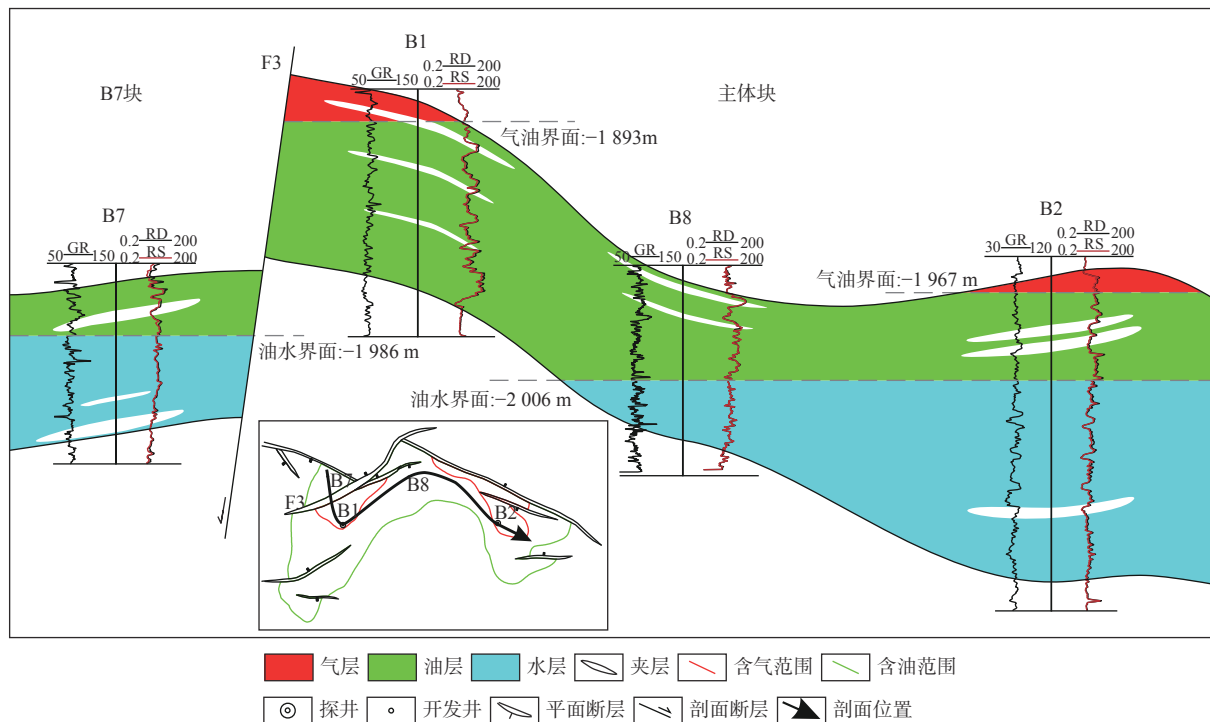


图 9 Z 油田 B 区块流体分布特征

Fig.9 Characteristics of fluid planar distribution of Block B in Z Oilfield

和多段分散型, 平面流体分布主要表现为连片型、分散型、分块型和局部倒置型, 主要受沉积因素和构造因素的影响。

(2) 砂体平面展布形态及连通性控制流体平面分布, 其中, 多期叠置型砂体连通性差, 平面呈分散状, 而连片稳定型砂体连通性好, 流体分布呈连片状。砂体间垂向发育的隔层可将垂向相邻两砂层分割成相互独立的储层, 加剧了流体的条带状分布。

(3) 断层的侧向封闭性对流体平面分布有强烈的分割作用, 断裂系统的组合方式影响不同断块之间的连通关系; 局部小型复杂构造加剧了圈闭构造形态的复杂化, 为流体聚集提供了必要的通道和场所, 控制着流体在圈闭中的聚集程度。

参考文献:

- [1] 闫明, 李易霖, 王宇盟. 葡北油田东部地区葡萄花油层油水分布规律及主控因素[J]. 东北石油大学学报, 2014, 38(6): 54-60.
- [2] 孟子昂, 郭发军, 谢俊, 等. 饶阳凹陷路27断块油水倒置成因分析[J]. 中国科技论文, 2020, 15(1): 1-7.
- [3] 吴冲龙, 林忠民, 毛小平, 等. “油气成藏模式”的概念、研究现状和发展趋势[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(6): 674-683.
- [4] 夏青. 新肇油田古628区块葡萄花油层油水分布规律及主控因素[J]. 大庆石油地质与开发, 2020, 39(5): 25-33.
- [5] 孙雨, 于利民, 闫百泉, 等. 松辽盆地三肇凹陷向斜区白垩系姚家组葡萄花油层油水分布特征及其主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(6): 1120-1130.
- [6] 李程善, 张文选, 雷宇, 等. 鄂尔多斯盆地陇东地区长9油层组砂体成因与油气差异分布[J]. 地球科学, 2021, 46(10): 3560-3574.
- [7] 蔡忠贤, 于聪灵, 杨海军, 等. 轮古西奥陶系古潜山油藏油水界面的分布规律和控制机理[J]. 地质科技通报, 2020, 39(1): 130-136.
- [8] 陈建文, 朱玉双, 刘新菊, 等. 低渗特低渗致密砂岩储层油水分布规律及主控因素: 以鄂尔多斯盆地合水地区为例[J]. 国外测井技术, 2020, 41(1): 23-28.
- [9] 张明学, 李金宝, 王志勇. 永乐油田葡49区块油水分布特征及控制因素[J]. 黑龙江科技大学学报, 2022, 32(1): 27-32.
- [10] 刘曾勤. 东营凹陷南坡东段油气成藏模式及勘探潜力[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(7): 57-62.
- [11] 郑华, 李云鹏, 陈建波, 等. 渤海复杂断块油藏油水界面差异成因探讨分析: 以辽中凹陷W油田7井区为例[J]. 油气藏评价与开发, 2018, 8(5): 23-28.
- [12] 余逸凡, 张建培, 程超, 等. 东海陆架盆地西湖凹陷油气成藏主控因素及成藏模式[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(7): 40-47.
- [13] 宋洪亮, 陈建波, 张占女, 等. 常规砂岩储层油水倒置成因分析[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2015, 17(1): 78-80.
- [14] 韩雪芳, 陈建波, 张占女, 等. 渤海X油田古近系沙三段扇三角洲砂体地质模式再认识[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2015, 17(3): 24-29.
- [15] 韩雪芳, 宋洪亮, 高红立, 等. 辽东湾海域J油田C区块古近系沙河街组流体分布特征及成因探讨[J]. 地质论评, 2020, 66(1): 99-100.
- [16] 祝春荣, 韦阿娟, 沈东义. 辽东湾地区锦州25-1油田油气成藏特点和运聚模拟研究[J]. 海洋石油, 2011, 31(3): 17-22.
- [17] 梁建设, 张功成, 苗顺德, 等. 辽东湾辽西凹陷沙河街组烃源

- 岩评价及油源研究[J]. 沉积学报, 2012, 30(4): 739-746.
- [18] 尹楠鑫, 李存贵, 李中超, 等. 塔中16含砾砂岩段隔夹层对油水分布的影响[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2016, 38(6): 25-34.
- [19] 柳永军, 徐长贵, 朱文森, 等. 辽东湾坳陷挤压型和拉张型走滑转换带特征及其控藏作用[J]. 大庆石油地质与开发, 2018, 37(1): 15-20.
- [20] 杨克基, 马宝军, 周南, 等. 辽东湾地区走滑断裂系统及其油气地质意义[J]. 石油天然气学报, 2013, 35(12): 25-29.
- [21] 余一欣, 张靖, 张忠涛, 等. 珠江口盆地白云凹陷东北部断裂发育特征及其控油气作用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2022, 42(3): 133-139.
- [22] 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): 387-397.
- [23] 王新宙, 兰晓东, 刘豪, 等. 渤海湾盆地黄河口凹陷中洼断裂生长及其对新近系油气富集的控制作用[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(11): 73-81.
- [24] 徐长贵. 渤海走滑转换带及其对大中型油气田形成的控制作用[J]. 地球科学, 2016, 41(9): 1548-1560.
- [25] 胡贺伟, 李慧勇, 肖述光, 等. 沙垒田凸起西段走滑断裂发育特征及其对油气的控制作用[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(3): 36-44.

Controlling factors of fluid distribution in common sandstone reservoirs of Z Oilfield in Liaodong Bay

HAN Xuefang, WEN Jiatao, WANG Yongping, CHENG Dayong, CAI Yueqian

(Tianjin Branch of CNOOC(China) Ltd., Tianjin 300459, China)

Abstract: Studies of controlling factors of fluid distribution are important for oil-gas exploration. The Shahejie Formation reservoirs in Z Oilfield are typical conventional sandstone reservoirs in stratified structure with complex fluid distribution. The controlling factors in structure and sedimentation were analyzed to identify the fluid distribution with the data obtained in the study block. Results show that the types of vertical fluid distribution could be classified into continuous concentration and multistage dispersion, while the those of planar fluid distribution included continuous, dispersible, partitioned, and partially inverted types. The planar distribution of fluid in the study area is mainly controlled by the planar distribution and connectivity of sand bodies, ways of fault sealing and joining, and locally complicated structural configuration. The vertical fluid distribution was controlled by the interlayer between sand bodies. Due to sedimentary and tectonic factors, the differences of fluid distribution had been intensified, forming multiple fluid systems in the study block. This research shall have a strong significance of guiding efficient development in future.

Key words: sandstone reservoirs; fluid distribution; connectivity of the sand bodies; structural configuration; fault