

文章编号:0253-9985(2012)04-0591-08

鄂南地区中生界油气成藏体系划分与富集区预测

尹伟,郑和荣,胡宗全,刘春燕,伍新和,李松,陈纯芳,高金慧

(中国石化石油勘探开发研究院,北京100083)

摘要:在典型油藏解剖的基础上,根据油气成藏体系概念和划分原则,结合烃源岩、源-储组合样式、油藏特征和成藏机制等,将鄂南地区中生界划分为近源成藏体系和远源成藏体系两类。前者油藏类型以岩性油藏为主,具有“近源成藏”特征,运移距离短,运移动力主要为异常压力,隐性输导,油气富集主控因素为优质烃源岩、有利储集体和构造背景,油气富集模式可概括为“近源相控”;后者油藏类型以构造、构造-岩性油藏为主,具有“远源成藏”特征,运移距离长,运移主要动力为浮力,输导体系以通源断裂为主,油气富集主控因素为通源断裂、局部构造和有利砂体,富集模式可概括为“远源断控”。近源成藏体系源储空间呈“三明治”结构,直接大面积接触,具有“近水楼台”成藏优势,生烃高峰期与关键成藏期一致,油气就近大面积充注成藏,是下一步勘探首选领域。其中,长₉-长₈-长₇近源成藏体系I类富集有利区是大中型油气田重要的勘探方向。

关键词:有利富集区;近源成藏;远源成藏;油气成藏体系;中生界;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Mesozoic petroleum accumulation systems and play fairways in southern Ordos Basin

Yin Wei, Zheng Herong, Hu Zongquan, Liu Chunyan, Wu Xinhe, Li Song, Chen Chunfang and Gao Jinhui

(SINOPEC Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the concept of “petroleum accumulation system”, in combination with source rocks, source-reservoir relationship, reservoir characteristics and accumulation mechanism, we recognized two Mesozoic petroleum accumulation systems in the southern Ordos Basin, i. e. near-source system and far-source system. The near-source accumulation system is dominated by lithologic traps, and features in short migration distance, abnormal pressure as major driving force of migration, and implicit carrier system. Hydrocarbon accumulation in the near-source system is mainly controlled by high-quality source rocks and reservoirs as well as favorable structural setting, and the pattern of hydrocarbon accumulation can be described as “near-source and facies-control”. The far-source system is dominated structural traps and structural-lithologic traps, and is characterized by long migration distance, buoyancy as the major driving force of migration and source rock-rooted faults containing the major carrier system. Hydrocarbon accumulation in the far-source system is mainly controlled by source rock-rooted faults, local structures and high-quality sandstone reservoirs, and the pattern of oil accumulation can be described as “far-source and fault-control”. The source rock-reservoir relationship in the near-source system has a “sandwich-like” structure. The synchronism of peak hydrocarbon generation with hydrocarbon accumulation provides favorable conditions for widespread and large-scale hydrocarbon charging and accumulation near source rocks. The near-source systems are the priority of future exploration, and the top-ranking play fairways in the CH₉-CH₈-CH₇ near-source systems are the important exploration targets for large- and medium-sized oil and gas fields.

Key words: play fairway, near-source accumulation, far-source accumulation, petroleum accumulation system, Mesozoic, Ordos Basin

收稿日期:2011-12-24;修订日期:2012-06-24。

第一作者简介:尹伟(1972—),男,博士、副研究员,油气成藏。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05002-006);中国石化科技部项目(P09014)。

鄂尔多斯盆地是一个大型中生代内陆拗陷盆地,盆地面积为 $25 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。鄂南地区是指盆地纬度 38° 线以南地区,自西向东横跨西缘逆冲带、天环坳陷、伊陕斜坡、晋西挠褶带、渭北隆起 5 个构造单元。中生界主要目的层为上三叠统延长组和下侏罗统延安组,按沉积旋回可将延长组与延安组自上而下也划分为 10 个油层组。延长组为一套河流—湖泊三角洲沉积,主力烃源岩为长₇底部页岩,成藏条件优越,油气资源丰富;油藏类型以岩性油藏为主,储层普遍具有低孔、特低渗特征,油气大面积成藏,但油气资源丰度低。延安组为一套河流—沼泽相沉积,自身不具生烃能力,油气来源于下伏长₇底部页岩或下伏延长组油藏,油藏类型以构造油藏为主,储层普遍物性好,局部构造油气富集高产。

中国石化在鄂南地区中生界共有 5 个石油勘探区块,面积为 $1.22 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。近两年,随着勘探投入的增加和水平井分段压裂工程技术的进步,石油探明储量速度呈快速增长趋势。截止 2011 年底,鄂南地区中生界石油资源量为 $14.09 \times 10^8 \text{ t}$,石油累计探明储量达 $7\,017.4 \times 10^4 \text{ t}$,三级储量达 $4.0 \times 10^8 \text{ t}$ 。可见,资源探明程度低,剩余资源量大,勘探潜力巨大。

因此,在典型油藏解剖基础上,根据油气源、源储组合、输导体系、油藏类型、成藏特征及成藏机制,运用油气成藏体系划分的原则和方法,开展鄂南地区中生界油气成藏体系划分。在此基础上,对成藏体系开展面上整体评价,优选有利富集区,对“十二五”鄂南石油大会战具有重要意义。

1 油气成藏体系划分

油气成藏体系是地表以下油气成藏的自然体系,它包括了形成油气藏的一切必要元素,即烃源体、输导体和圈闭,以及这些元素之间的有效配置^[1]。油气成藏体系强调油气聚集的相关性,因而在研究方法上强调烃源体、输导体和圈闭体之间相互关联、相互制约的“系统性”。油气成藏体系的划分一般是以聚油单元(油气藏群)为核心,以输导系统为主线,以烃源体的供源区为边界进行的^[1-3],体现的是从(油气)藏到(烃源)源的思想,它与含油气系统具有本质区别。含油气系统的划分一般是以烃源岩为核心,以最大供烃半径

为边界,强调的是从(烃源)源到(油气藏)藏。由于油气成藏体系的思路较好地解决了(多)混源给含油气系统划分带来的困难,因此,在我国油气勘探整体选区评价中得到广泛应用,国内学者专家探索了成藏体系定量评价方法^[4-6]。

1.1 生、储、盖组合剖析

目前,鄂南中国石化探区中生界油气勘探已在 8 个层系(油层组)提交探明储量,本文对各区块已发现工业油流层系的典型油藏进行了详细解剖(表 1)。归纳一下,油藏类型主要为岩性、构造—岩性、构造三大类,其中延长组长₆油层组及以下主要为岩性油藏,长₆油层组以上主要为构造—岩性油藏,延安组主要为构造油气藏,与中生界石油补偿成藏规律密不可分^[7];鄂南中生界各区块主力烃源岩为长₇底部页岩(即张家滩页岩)^[8],其中富县区块局部可能有长₇顶部页岩(即李家畔页岩)的贡献^[9];在多套盖层中长₄₊₅泥岩为一套区域盖层;根据烃源岩与储层、盖层的距离及接触关系^[10],源—储配置样式可划分为两大类:一是近源组合,即储层与烃源岩直接接触或邻近,如长₆砂体与长₇烃源岩、长₈砂体与长₇烃源岩;二是远源组合,即储层与烃源岩非直接接触或相距较远,为间隔式(跨越式)接触,如长₂₊₃砂体与长₇烃源岩、延安组砂岩与长₇烃源岩。

1.2 油气成藏特征及成藏组合分析

鄂南地区长₇优质烃源岩(张家滩页岩)全区分布,是盆地中生界最重要的区域性烃源岩,目前已发现油气主要来源于该烃源岩^[8,11-17];长₇优质烃源岩(李家畔页岩)是另外一套重要的区带性烃源岩,分布较局限,主要集中在志丹南部地区,仅对志丹南部地区长₇—长₈储集层成藏中起着重要的作用^[15-16]。结合鄂南区块分布,中国石化 5 个区块中生界油气主要来源于延长组长₇优质烃源岩(即张家滩页岩),其中富县区块局部可能有长₇优质烃源岩(即李家畔页岩)的贡献。

从上述典型油藏解剖结果不难看出,鄂南地区中生界油藏主要发育两大类成藏组合,以长₄₊₅这套区域盖层为界,其下延长组为近源成藏组合(长₁₀—长₆),其上部分延长组和延安组构成远

表 1 鄂南地区中生界典型油藏生储盖组合

Table 1 Typical source-reservoir-cap rock relationship in Mesozoic oil reservoirs in southern Ordos Basin

区块	油藏	油藏类型	生储盖组合				典型代表
			烃源	储层	盖层	源储组合	
镇-泾	延 ₉	背斜	长 ₇	延 ₉	延 ₇	远源组合	镇泾 3 井区
	长 ₆	岩性	长 ₇	长 ₆	长 ₄₊₅	近源组合	曙探 2 井区
	长 ₈	岩性	长 ₇	长 ₈	长 ₇		红河 105 井区
	长 ₉	岩性	长 ₇	长 ₉	长 ₇		红河 42 井区
富县	长 ₂₊₃	构造-岩性	长 ₇	长 ₂₊₃	长 ₁	远源组合	牛武油田
	长 ₆	岩性	长 ₇	长 ₆	长 ₄₊₅	近源组合	槐 3 井区
	长 ₈	岩性	长 ₉ 、长 ₇	长 ₈	长 ₇		中富 3 井区
麻黄山西	延 ₅	背斜	长 ₇	延 ₅	延 ₅	远源组合	宁东 17 井区
	延 ₆	背斜	长 ₇	延 ₆	延 ₅		宁东 27 井区
	延 ₈	构造-断层	长 ₇	延 ₈	延 ₇		环池油田
	延 ₉	构造	长 ₇	延 ₉	延 ₇		宁东 2、宁东 3 井区
彬-长	长 ₆	岩性	长 ₇	长 ₆	长 ₄₊₅	近源组合	早胜 3 井区
	长 ₈	岩性	长 ₇	长 ₈	长 ₇		泾河 9 井区

表 2 鄂南中生界不同成藏组合油气成藏特征

Table 2 Hydrocarbon accumulation characteristics of different Mesozoic plays in southern Ordos Basin

类型	层系	油藏类型	生储配置	输导体系	运移距离	动力	富集模式
近源成藏组合	长 ₁₀ —长 ₄₊₅	岩性	直接接触	砂体	短	源储压力差、浮力	相控
远源成藏组合	长 ₃₊₂ —延安组	构造、构造-岩性	间隔式	断裂或断裂-砂体	较长	浮力	断控

源成藏组合(长₂₊₃—延安组),不同成藏组合具有不同的油气成藏特征和成藏机制(表 2)。近源成藏组合油藏类型以岩性油藏为主,源-储配置样式为储层与烃源岩直接接触或邻近,输导体系为砂体、砂体-裂缝复合体,运移距离短,运移动力主要为源、储压力差^[17-22],其次为浮力,成藏主控因素为有利储层和优质烃源岩。远源成藏组合油藏类型以局部构造、构造-岩性为主,源-储配置样式为间隔式(跨越式)接触,即储层与烃源岩非直接接触或相距较远,输导体系主要为通源断裂、通源断裂-砂体复合体,运移距离较长,运移动力主要为浮力,成藏主控因素为通源断裂和局部构造。

1.3 油气成藏体系划分

油气成藏体系是对油气聚集层系或主要储盖组合中油气运聚、成藏特征的系统描述^[1-6]。根据成藏体系划分原则和依据^[1-6],以长₄₊₅区域盖层为界,将具有相似成藏特征的油气聚集层系、输导体系和烃源岩划分为一个油气成藏体系,鄂南中

生界可分为两大类成藏体系,即近源成藏体系和远源成藏体系(图 1)。近源成藏体系层位为长₆—长₁₀油层组,油藏类型为主要岩性油藏,储层主要为长₆、长₈、长₉和长₁₀油层组,烃源岩主要为长₇优质烃源岩,局部有长₉优质烃源岩的贡献,输导体系主要为砂体、砂体-裂缝复合,油气运移距离短,运移动力主要为源、储动力差,其次为浮力^[18-25],油气富集主要受控于有利储集层和优质烃源岩;远源成藏体系层位为长₂₊₃—延安组,储层主要为长₂₊₃和延安组石英砂岩,烃源岩主要为长₇优质烃源岩,生、储相距较远,输导体系主要为断裂、断裂-砂体复合,运移动力主要为浮力,油气富集主要受控于断裂和局部构造^[26-29]。

受烃源岩、储盖组合分布的影响,不同的成藏体系在鄂南地区分布不同。长₄₊₅—长₆—长₇近源成藏体系以长₇为烃源岩,长₆为储层,长₄₊₅为盖层,油藏以岩性油藏为主,源、储就近配置,鄂南全区分布;长₇—长₈—长₉近源成藏体系以长₇为主力烃源岩,富县地区可能有长₉贡献,以长₈、长₉为储层,以长₇为盖层,油藏类型以岩性油藏为主,

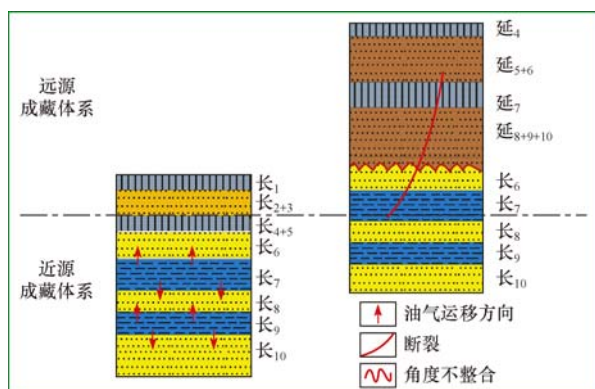


图1 鄂南地区中生界成藏体系划分模式

Fig.1 Division mode of the Mesozoic petroleum accumulation systems in southern Ordos Basin

源、储就近配置,鄂南全区分布,是鄂南中生界勘探潜力最大的成藏体系。延安组远源成藏体系以下伏长₇为烃源岩,延安组河道砂为储层,盖层为延安组泥岩隔层,油藏类型以构造油藏为主,源、储距离远,长₇生成的石油必须经过通源断裂垂向运移才能聚集成藏,受延安期古河道发育的控制,主要发育在麻黄山西、镇泾和彬长区块。长₉—长₁₀近源成藏体系以长₉为烃源岩和盖层,长₁₀为储层,受长₉优质烃源岩(李家畔页岩)分布的影响,仅分布在富县地区。长₃₊₂—长₁远源成藏体系以长₇烃源岩,长₂₊₃为储层,长₁泥岩为盖层,分布局限,仅分布在富县地区(表3)。

2 油气富集主控因素分析

成藏要素和成藏作用的时空结构影响着油气的富集程度。在邻近烃源层与区域盖层地区的成

藏组合中,成藏期与成烃期相近的时期内形成的油气藏富集程度相对较高^[10]。近源成藏体系,源储就近配置,油气富集主要受控于优质烃源岩、有利砂体和构造背景;远源成藏体系,源储相距较远,油气必须经历明显较长距离的二次运移,油气富集主要受控于输导体系(尤其是通源断裂)、局部构造和有利砂体展布。总体而言,长₁₀—长₆近源成藏体系油气主要来源于长₇优质烃源岩(张家滩页岩),生储紧邻,油气富集主要受控于长₇优质烃源岩(张家滩页岩)的分布,局部地区(富县地区)有长₉优质烃源岩的贡献,其次是有利储集相带^[8,29-30],此外,构造背景和微裂缝也具有明显地油气富集作用^[30-31]。长₃₊₂—延安组远源成藏体系油气主要来源于下伏长₇优质烃源岩或下伏延长组油藏,源储距离较远,长₇烃源岩生成的油气必须先沿断裂、砂体与微裂缝复合构成输导体系阶梯式向上运移,然后到长₂₊₃、延安组聚集成藏,油藏类型以构造—岩性为主,由于其储层与烃源岩是跨越式配置,所以油气富集主要受控于油气运移输导体系(尤其是通源断裂)和局部构造^[32-33]。远源成藏体系内油藏规模小,但由于河道砂储层物性好,产能高,以构造油藏为主,素有“小而肥”美称。

3 油气富集有利区预测

3.1 油气富集评价流程

在油气成藏体系划分基础上,根据各成藏体系油气富集主控因素,建立了富集评价流程(图2),该技术流程的评价思路是围绕鄂南中生界大

表3 鄂南地区中生界油气成藏体系划分与分布

Table 1 Division and distribution of the Mesozoic petroleum accumulation systems in southern Ordos Basin

大类	层系	成藏体系	成藏特征	分布
近源成藏体系	长 ₁₀ —长 ₄₊₅	长 ₄₊₅ —长 ₆ —长 ₇ 成藏体系	长 ₇ 为烃源岩,长 ₆ 为储层,长 ₄₊₅ 为盖层,以岩性油藏为主,源、储就近配置	全区
		长 ₇ —长 ₈ —长 ₉ 成藏体系	长 ₇ 为主力烃源岩和盖层,富县地区可能有长 ₉ 贡献,以长 ₈ 、长 ₉ 为储层,以岩性油藏为主,源、储就近配置	全区
		长 ₉ —长 ₁₀ 成藏体系	长 ₉ 为烃源岩和盖层,长 ₁₀ 为储层	富县地区
远源成藏体系	长 ₃₊₂ —延安组	长 ₃₊₂ —长 ₁ 成藏体系	长 ₇ 为烃源岩,长 ₂₊₃ 为储层,长 ₁ 泥岩为盖层	富县地区
		延安组成藏体系	长 ₇ 为烃源岩,延安组河道砂为储层,盖层为泥岩隔层,以构造油藏为主,源、储距离远	全区

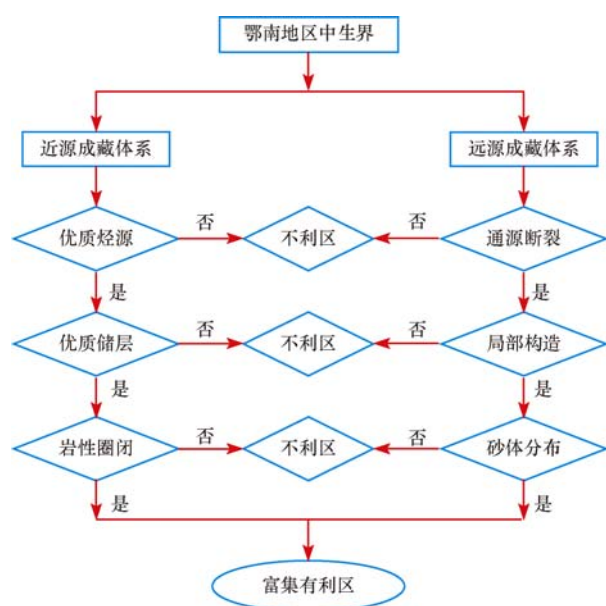


图2 鄂南地区中生界油气富集评价流程

Fig. 2 Evaluation workflow of the Mesozoic play fairways in southern Ordos Basin

中型油气田勘探方向,打破前人分区块评价的思路,将鄂南中生界作为一个整体分成藏体系进行评价,评价依据方面突出不同成藏体系油气成藏和富集关键控制因素。

由于各成藏体系油气富集主控因素不同,因此,针对不同成藏体系必须采用不同的评价思路和依据(图2)。针对近源成藏体系,首先考虑长₇优质烃源岩分布,局部长₉烃源岩分布;然后考虑有利储集体分布;最后再考虑岩性圈闭发育区、裂缝发育和局部构造背景;在同时具备上述3个条件基础上,开展综合评价,并预测油气富集有利区。针对远源成藏体系,首先考虑输导体系,尤其是通源断裂分布;然后考虑局部构造,主要包括断鼻、断块、断背斜和断层相关的低幅度构造;最后再考虑有利砂体发育区;在同时具备上述3个条件基础上,开展综合评价,预测油气富集有利区。

3.2 油气富集有利区预测

在成藏体系划分基础上,本文认为近源成藏体系(长₁₀-长₉、长₉-长₈-长₇和长₇-长₆-长₄₊₅)生、储、盖呈“三明治”结构,具有“近水楼台”成藏优势,油气就近大面积充注成藏,是鄂南地区下一步勘探首选领域。近几年的勘探实践也证实了这一点。截止到2011年底,鄂南中生界累

计探明储量中近源成藏体系占88.67%,远源成藏体系仅占11.33%。

基于上述成果认识,受篇幅限制,本文以长₉-长₈-长₇近源成藏体系为例,进行富集综合评价,预测有利富集区。根据油气富集评价技术流程对长₉-长₈-长₇近源成藏体系进行综合评价,在综合评价时考虑长₇和长₉优质烃源岩分布、有利储层分布、构造背景及油气分布规律,建立油气富集有利区评价标准。Ⅰ类油气富集有利区标准为长₇优质烃源岩(张家滩页岩)厚度大于10 m,储层综合评价为Ⅰ类+Ⅱ类区有利区,砂体厚度大于11 m,构造背景为鼻状构造轴部;Ⅱ类油气富集有利区标准为长₇优质烃源岩(张家滩页岩)厚度小于10 m,储层综合评价为Ⅲ类有利区,砂体厚度小于或等于11 m,构造背景为鼻状构造两翼;Ⅲ类油气富集有利区标准为长₇优质烃源岩不发育,储集条件差,生储配置好,后期保存条件较差。

通过综合评价,预测了鄂南中生界长₉-长₈-长₇近源成藏体系Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类油气富集有利区(图3)。

Ⅰ类有利区主要分布麻黄山西区块中部和东部、镇泾区块中东部、彬长区块的北部和东北部。勘探已获得规模发现或呈现好的苗头,是下一步勘探战略展开区,是拿规模储量的现实地区。

Ⅱ类有利区主要分布麻黄山西区块西部、镇泾区块西南部和东北部、彬长区块南部、富县区块中部和旬邑-宜君区块西部,是下一步勘探战略突破区,是突破油气发现的地区。

Ⅲ类有利区主要分布富县区块和旬邑-宜君区块东部,是下一步勘探战略准备区,是需进一步开展研究工作的地区。

4 结论

1) 鄂南中生界可划分为2大类5个成藏体系。2大类分别为近源成藏体系和远源成藏体系,5个成藏体系分别为长₁₀-长₉、长₉-长₈-长₇和长₇-长₆-长₄₊₅近源成藏体系,及长₂₊₃-长₁和延安组远源成藏体系。

2) 近源成藏体系富集主控因素为优质烃源岩、有利储集体和构造背景;远源成藏体系富集主

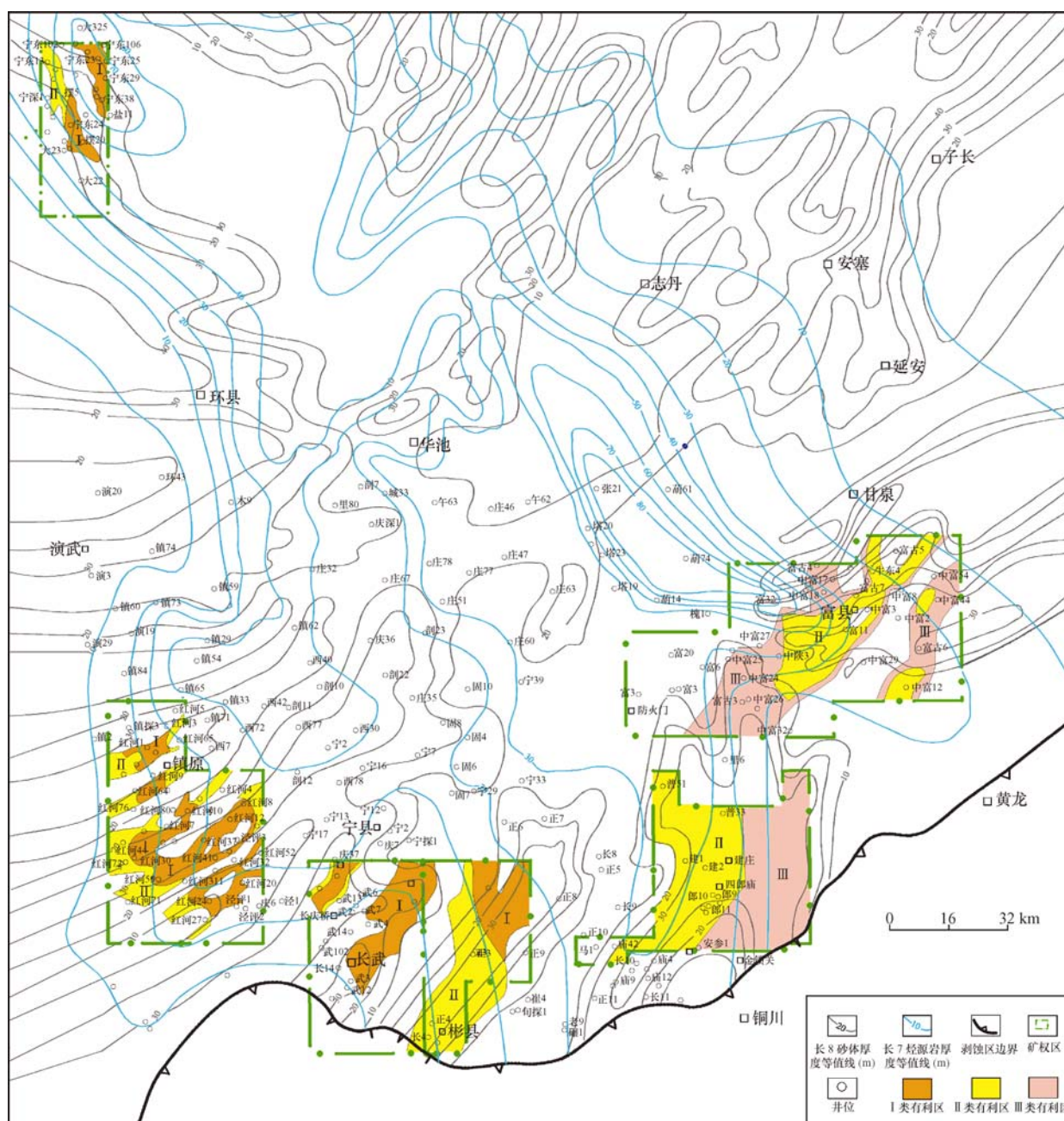


图3 鄂南地区中石化区块长₈-长₇-长₆近源成藏体系有利富集区预测

Fig. 3 Predication of play fairways in the CH₄-CH₈-CH₇ near-source system in southern Ordos Basin

控因素为通源断裂、局部构造和有利砂体。

3) 近源成藏体系是鄂南勘探首选领域,其中长₈-长₇-长₆近源成藏体系中I类富集有利区主要分布麻黄山西区块中部和东部、镇泾区块中部、彬长区块的北部和东北部,是下一步大中型油田的勘探方向。

参考文献

[1] 金之钧,张一伟,王捷,等. 油气成藏机理与分布规律[M].

北京:石油工业出版社,2003:1-338.

Jin Zhijun,Zhang Yiwei,Wang Jie,et al. Hydrocarbon accumulation mechanisms and oil and gas distribution[M]. Beijing: Petroleum Industry Press,2003:1-338.

[2] 金之钧. 中国典型叠合盆地及其油气成藏研究新进展(之一)——叠合盆地划分与研究方法[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):553-562.

Jin Zhijun. New advancement in research of Chinese typical superimposed basins and reservoiring (Part I): classification and research methods of superimposed basins[J]. Oil & Gas

- Geology, 2005, 26(5): 553–560.
- [3] 金之钧. 中国典型叠合盆地油气成藏研究新进展(之二): 以塔里木盆地为例[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 281–288.
- Jin Zhijun. New advancement in research of Chinese typical superimposed basins and reservoiring(PartII): taking Tarim Basin as an example[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(3): 281–288.
- [4] 金之钧. 叠合盆地油气成藏体系研究思路与方法——以准噶尔盆地中部地区油气藏为例[J]. 高等地质学校, 2011, 17(2): 161–169.
- Jin Zhijun. Methods in studying petroleum accumulation systems in a superimposed basin: a case study of petroleum reservoirs in the central Junggar basin[J]. Geological Journal of China Universities, 2011, 17(2): 161–169.
- [5] 陈善勇, 金之钧, 刘小平. 黄骅坳陷第三系油气成藏体系定量评价[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(5): 544–547, 602.
- Chen Shanyong, Jin Zhijun, Liu Xiaoping. Quantitative evaluation of Tertiary petroleum accumulation systems in Huanghua Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(5): 544–547, 602.
- [6] 梁书义, 刘克奇, 蔡忠贤. 油气成藏体系及油气输导子体系研究[J]. 石油实验地质, 2005, 27(4): 327–330.
- Liang Shuyi, Liu Keqi, Cai Zhongxian. Study of petroleum accumulation system and pathway system [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(4): 327–330.
- [7] 武富礼, 赵靖舟, 闫世可, 等. 陕北地区中生界石油补偿成藏规律研究[J]. 石油学报, 2007, 28(3): 23–26.
- Wu Fuli, Zhao Jingzhou, Yan Shike, et al. Compensatory petroleum accumulation rules in the Mesozoic of Shaanbei area[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(3): 23–26.
- [8] 杨华, 张文正. 论鄂尔多斯盆地长7段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用——地质地球化学特征[J]. 地球化学, 2005, 34(2): 147–154.
- Yang Hua, Zhang Wenzheng. Leading effect of the Seventh Member high-quality source rock of Yanchang Formation in Ordos Basin during the enrichment of low-penetrating oil-gas accumulation; Geology and geochemistry[J]. Geochimica, 2005, 34(2): 147–154.
- [9] 张文正, 杨华, 李善鹏. 鄂尔多斯盆地长9¹湖相优质烃源岩成藏意义[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(5): 557–562.
- Zhang Wenzheng, Yang Hua, Li Shanpeng. Hydrocarbon accumulation significance of Chang 9¹ high-quality lacustrine source rocks of Yanchang Formation, Ordos Basin [J]. Petroleum Exploration Development, 2008, 35(5): 557–562.
- [10] 周兴熙. 成藏要素的时空结构与油气富集——兼论近源富集成藏[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(6): 711–716.
- Zhou Xingxi. Time-space structure of reservoiring elements and hydrocarbon enrichment-concurrently discussing near-source reservoiring[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(6): 711–716.
- [11] 段毅, 吴保祥, 张辉, 等. 鄂尔多斯盆地西峰油田原油地球化学特征及其成因[J]. 地质学报, 2006, 80(2): 301–310.
- Duan Yi, Wu Baoxiang, Zhang Hui, et al. geochemistry and genesis of crude oils of the Xifeng Oilfield in the Ordos Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(2): 301–310.
- [12] 侯林慧, 彭平安, 于赤灵, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬—西峰地区原油地球化学特征及油源分析[J]. 地球化学, 2007, 36(5): 497–506.
- Hou Linhui, Peng Pingan, Yu Chiling, et al. Geochemical characteristics and oil-source analysis of crude oils in Jiyuan-Xifeng Oilfield, Ordos Basin [J]. Geochimica, 2007, 36(5): 497–506.
- [13] 郭艳琴, 李文厚, 陈全红, 等. 鄂尔多斯盆地安塞—富县地区延长组—延安组原油地球化学特征及油源对比[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 218–224.
- Guo Yanqin, Li Wenhui, Chen Quanhong, et al. Geochemical behaviors of oil and oil-source correlation in Yanchang An'an Formations in Ansai-Fuxian area, Ordos basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2): 218–224.
- [14] 杨华, 张文正, 蔺宏斌, 等. 鄂尔多斯盆地陕北地区长10油源及成藏条件分析[J]. 地球化学, 2010, 39(3): 274–279.
- Yang Hua, Zhang Wenzheng, Lin Hongbin, et al. Origin of Chang 10 oil reservoir in Northern Shaanxi region of Ordos Basin [J]. Geochimica, 2010, 39(3): 274–279.
- [15] 师磊, 卢双舫, 李吉君, 等. 鄂尔多斯盆地长9¹烃源岩评价[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(20): 4756–4761.
- Shi Lei, Lu Shuangfang, Li Jijun, et al. Evaluation of source rock of Chang 9 Member, Yanchang Formation, Ordos Basin [J]. Science Technology and Engineering, 2011, 11(20): 4756–4761.
- [16] 张文正, 杨华, 傅锁堂, 等. 鄂尔多斯盆地长9¹湖相优质烃源岩的发育机制探讨[J]. 中国科学(D辑), 2007, 37(增刊1): 33–38.
- Zhang Wenzheng, Yang Hua, Fu Suotang, et al. On the development mechanism of the lacustrine high-grade hydrocarbon source rocks of Chang 9¹ member in Ordos Basin [J]. Sci China (D), 2007, 37(suppl 1): 33–38.
- [17] 刘显阳, 邓秀芹, 赵彦德, 等. 姬塬地区长9油层组油气运移规律及模式探讨[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(5): 9–15.
- Liu Xianyang, Deng Xiuqin, Zhao Yande, et al. Hydrocarbon migration law and model of Chang 9 reservoir in Jiyuan area, Ordos Basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2011, 23(5): 9–15.
- [18] 李元昊, 张铭记, 王秀娟, 等. 鄂尔多斯盆地西北部上三叠统延长组复合油藏成藏机理[J]. 岩性油气藏, 2010, 22(2): 32–36.
- Li Yuanhao, Zhang Mingji, Wang Xiujuan, et al. Accumulation mechanism of composite reservoir of Upper Triassic Yanchang Formation in northwestern Ordos Basin [J]. Lithologic Reservoirs, 2010, 22(2): 32–36.
- [19] 丁晓琪, 张哨楠, 谢世文, 等. 鄂尔多斯盆地镇泾地区中生界成藏系统[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(2): 157–164.
- Ding Xiaoqi, Zhang Shaonan, Xie Shiwen, et al. Hydrocarbon accumulation system of the Mesozoic in Zhenjing oilfield, the Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(2): 157–164.
- [20] 姚径利, 王克, 庞锦莲, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组

- 石油运聚规律研究[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(3): 32–37.
- Yao Jingli, Wang Ke, Song Jiang-hai, et al. Petroleum migration and accumulation of Yanchang Formation in Jiyuan area, Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(3): 32–37.
- [21] 段毅, 吴保祥, 郑朝阳, 等. 鄂尔多斯盆地西峰油田油气成藏动力学特征[J]. 石油学报, 2005, 26(4): 29–33.
- Duan Yi, Wu Baoxiang, Zheng Chaoyan, et al. Pool-forming dynamic properties of Xifeng Oilfield in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinic, 2005, 26(4): 29–33.
- [22] 张文正, 杨华, 李剑锋, 等. 论鄂尔多斯盆地长7段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用——强生排烃特征及机理分析[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(3): 289–293.
- Zhang Wen, zheng, Yang Hua, Li Jianfeng, et al. Leading effect of high-class source rock of Chang7 in Ordos Basin on enrichment of low permeability oil-gas accumulation—Hydrocarbon generation and expulsion mechanism[J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(3): 289–293.
- [23] 邓秀芹, 刘新社, 李士祥. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组超低渗透层致密史与油藏成藏史[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(2): 156–161.
- Deng Xiubin, Liu Xinshe, Li Shixiang. The relationship between compacting history and hydrocarbon accumulating history of the super-low permeability reservoirs in the Triassic Yanchang Formation in the Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(2): 156–161.
- [24] 罗晓容, 张刘平, 杨华, 等. 鄂尔多斯盆地陇东地区长8¹段低渗油藏成藏过程[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 770–778.
- Luo Xiaorong, Zhang Liuping, Yang Hua, et al. Oil accumulation process in the low-permeability Chang-8¹ member of Longdong area, the Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(6): 770–778.
- [25] 史建南, 郑荣才, 韩永林, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区长8油层组岩性油藏成藏机理研究[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(3): 129–133.
- Shi Jian-nan, Zheng Rongcai, Han Yonglin, et al. Hydrocarbon accumulation mechanism of lithologic reservoir of Chang 8 member in Jiyuan area, Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(3): 129–133.
- [26] 赵靖舟, 王永东, 孟祥振, 等. 鄂尔多斯盆地陕北斜坡东部三叠系长2油藏分布规律[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(1): 23–27.
- Zhao Jingzhou, Wang Yongdong, Meng Xiangzhen, et al. Law of petroleum accumulation and distribution in Triassic Chang 2 oil-bearing Formation in eastern North Shaanxi Slope, Ordos Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(1): 23–27.
- [27] 武富礼, 王变阳, 赵靖舟, 等. 鄂尔多斯盆地油藏序列特征及成因[J]. 石油学报, 2008, 29(5): 639–642.
- Wu Fuli, Wang Bianyang, Zhao Jingzhou, et al. Origin and characteristics of oil pool sequence in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinic, 2008, 29(5): 639–642.
- [28] 冯一波, 丁晓琪, 谢世文, 等. 麻黄山地区中生界油气分布规律及控制因素分析[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(3): 60–64.
- Feng Yibo, Ding Xiaoqi, Xie Shiwen, et al. Oil and gas distribution and controlling factors of Mesozoic in Mahuangshan area[J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(3): 60–64.
- [29] 杨华, 刘显阳, 张才利, 等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组低渗透岩性油藏主控因素及其分布规律[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(3): 1–6.
- Yang Hua, Liu Xianyang, Zhang Caili, et al. The main controlling factors and distribution of low permeability lithologic reservoirs of Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(3): 1–6.
- [30] 尹伟, 郑和荣, 胡宗全, 等. 鄂南镇泾地区延长组油气富集主控因素及勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 159–165.
- Yin Weil, Zheng Herong, Hu Zongquan, et al. Main factors controlling hydrocarbon accumulation and favorable exploration targets for the Yanchang Formation in Zhenjing area, south Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(2): 159–165.
- [31] 曾联波, 高春宇, 漆家福, 等. 鄂尔多斯盆地陇东地区特低渗透砂岩储层裂缝分布规律及其渗流作用[J]. 中国科学(D辑), 2008, 38(增刊): 41–47.
- Zeng Lianbo, Gao Chunyu, Qi Jiafu, et al. Distribution and permeable of reservoir fractures, Longdong area of south Ordos basin[J]. Science in China (Series D), 2008, 38 (supplement): 41–47.
- [32] 丁晓琪, 张哨楠, 谢世文, 等. 鄂尔多斯盆地西缘麻黄山地区中生界油藏富集规律[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(6): 726–731.
- Ding Xiaoqi, Zhang Shaonan, Xie Shiwen, et al. Hydrocarbon accumulation pattern in the Mesozoic of Mahuangshan area in the western margin of the Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(6): 726–731.
- [33] 张卫华. 鄂尔多斯盆地黑山墩地区断裂特征及与油气的关系[J]. 石油实验地质, 2008, 30(2): 138–143.
- Zhang Weihua. Fault characteristics of Heishandun area of the Erdos basin and its control of oil and gas[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(2): 138–143.

(编辑 董立)