

文章编号:0253-9985(2012)04-0582-09

鄂尔多斯盆地中生界成藏组合划分与分布评价

苏复义¹,周文²,金文辉²,邓虎成²,刘岩²

(1. 中国石化 华北分公司 勘探开发研究院,河南 郑州 450006;

2. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室,四川 成都 610059)

摘要:对鄂尔多斯盆地中生界三叠系延长组成藏组合进行了系统的划分。在划分过程中,主要根据成藏组合的定义,并充分考虑目的层的:①烃源岩分布和砂体分布;②构造、古构造分布、主要断裂分布及油气运移疏导系统空间分布;③所在成藏组合主要烃源岩分布;④所在成藏组合盖层分布,特别是区域性盖层分布。另外,还考虑目前认识的构造圈闭及可能的其他圈闭分布情况,并分析含油气系统的保存情况。盆地中生界延长组划分为6个成藏组合:长₁₀—长₇下部成藏组合、长₇—长₅中部成藏组合、长₇—长₄₊₅中部成藏组合、长₄₊₅—长₃上部成藏组合、长₄₊₅—长₂上部成藏组合和长₄—长₁上部成藏组合。通过对各组合的生、储、盖层分析,认为中生界成藏组合主要分布在伊—陕斜坡西北部、东南部、西南部和天环坳陷南部。

关键词:成藏组合;含油气系统;中生界;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Identification and distribution of the Mesozoic plays in Ordos Basin

Su Fuyi¹, Zhou Wen², Jin Wenhui², Deng Hucheng² and Liu Yan²

(1. Exploration & Development Research Institute, SINOPEC North China Oilfield Company, Zhengzhou, Henan 450006, China;

2. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract: This paper systematically identifies plays in the Triassic Yanchang Formation of the Mesozoic in Ordos Basin. The play division is mainly based on the play definition and the following characteristics of target beds: (1) distributions of source rocks and sandstone reservoirs; (2) distributions of structures and paleo-structures, main faults and carrier systems; (3) distributions of main source rocks for each play; (4) distribution of seals especially regional seals for each play. In addition, the distribution of known structural traps and other possible structural traps as well as the preservation of petroleum system are also considered to identify play. Six plays were identified in the Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin: Member X to Member VII play, Member VII to Member V play, Member VII to Member IV + V play, upper of Member IV + V to Member III play, Member IV + V to Member II play and Member IV to Member I play. According to the analysis of source rocks, reservoirs and cap rocks in different plays, the Mesozoic plays are mainly distributed in the northwest and southeast and southwest parts of Yishan slope and the south part of Tianhuan depression.

Key words: play, petroleum system, Mesozoic, Ordos Basin

成藏组合是国际上流行的“盆地—含油气系统—成藏组合—远景圈闭”这一含油气地质单元评价序列中的一个层次^[1],是油气勘探中至为重要

的概念^[2]。不同的研究者对油气成藏组合有不完全相同的定义。White D A 将成藏组合定义为一组在地质上相互联系具有类似源岩、储层和圈闭

收稿日期:2012-06-24;修订日期:2012-07-09。

第一作者简介:苏复义(1954—),男,教授级高级工程师,石油与天然气勘探与研究。

基金项目:国家科技重大专项(2008ZX05002-01)。

条件的勘探对象^[3-4]。Croveli R A 认为成藏组合是具有相似地质背景的远景圈闭的集合体^[5]。童晓光认为成藏组合是一套具有共同成藏条件的层系^[6]。戴金星、王庭斌等认为油气成藏组合主要研究含油气系统中具有相同成藏条件的某一套储盖组合的油气充注强度与成藏诸地质条件之间的匹配关系^[7]。

鄂尔多斯盆地是一个多结构体系、多旋回演化、多沉积类型的大型沉积盆地^[8-9]。石油地质工作者从含油气系统^[10-11]、成藏组合^[6,12-13]等方面对该盆地的油气勘探做了大量的研究,但并未对盆地中生界含油系统进行较为细致的成藏组合划分。盆地中生代是重要的成油地质时代,晚三叠世经历了完整的湖进-湖退旋回,发育了盆地主要的含油层系即三叠系延长组,具有烃源岩发育、生储盖组合配套、勘探领域广、潜力大的特点^[14]。21世纪初,在盆地西南部的西峰地区针对延长组长油层组的油气勘探取得了重大突破^[15],探明石油地质储量数亿吨^[16]。近年来,对鄂尔多斯盆地延长组,特别是安塞等油田的发现,都预示着在该盆地上三叠统延长组具有很大的勘探潜力^[17]。延长组自上而下可划分为长₁—长₁₀ 10个油层组,构成了不同的生储盖组合。由于纵向上存在着明显的

成藏条件、油气富集程度和油气藏特征方面的差异性,为勘探带来了难度。为了提高勘探效率,盆地的勘探部署应建立在成藏组合评价的基础上^[6]。因此,对盆地中生界含油气系统进行成藏组合划分十分必要。

1 生、储、盖层基本特征

中生界三叠系延长组是鄂尔多斯盆地内陆湖盆形成后接受的第一套生、储油岩系,也是盆地最主要的勘探层系(图1)。

盆地中生界含油气系统烃源岩主要发育层位为上三叠统延长组和下侏罗统延安组;烃源岩主要以暗色泥岩、油页岩、炭质泥岩等碎屑岩类为主。延长组是盆地中生界最重要的生油岩^[10],分布面积约 $8.0 \times 10^4 \text{ km}^2$;其中,100 m 以上厚度的有效烃源岩分布面积为 $(3 \sim 5) \times 10^4 \text{ km}^2$,纵向上主要发育于长₇、长₈ 及长₄₊₅段,长₇ 段为延长组最主要的生油岩^[18-19],长₇ 期是鄂尔多斯晚三叠世湖盆沉积的全盛期,长₇ 段的有机质丰度、生排烃能力及规模明显优于其他岩性和层段的烃源岩。该段优质油源岩的有机质含量高-极高,残余有机碳含量主要分布于6%~14%;残留沥青“A”含量

地层		岩性剖面	厚度/m	沉积相			生储盖层			储盖层特征				构造特征	油气层					
系	组			陆	湖	海	生	储	盖	储层		盖层								
										物性	类型	岩性	类型							
白垩系	志丹组		1 063~1 400							高—中孔渗	孔	黑色泥岩夹煤层	区域性	燕山早幕西缘上升冲断						
侏罗系	安定组		80~150													中孔渗				
	直罗组		200~400																	
	延安组		150~250																	
三叠系	延长组		145~700													中孔渗	隙型	泥岩、砂岩互层	地区性	印支运动
	纸坊组		300~530																	

图1 鄂尔多斯盆地上三叠统生-储-盖组合特征

Fig. 1 Characteristics of source-reservoir-cap rock assemblages of the Upper Triassic in Ordos Basin

大多在 0.4% ~ 1.0%; 烃含量大多在 0.3% ~ 0.6%; 热解生烃潜量主要分布于 20 ~ 50 mg/g, 最高可达 100 mg/g 以上。

三叠系延长组是鄂尔多斯盆地中生界含油气系统的主要储集层^[20]。该组是一套内陆湖泊-三角洲碎屑沉积, 湖盆经历了发展、兴盛、衰亡期。三角洲前缘朵状砂体、三角洲分流河道砂体为良好的油气储层, 储层孔隙度一般在 1.40% ~ 19.96%、平均 9%, 渗透率在 $(0.001\ 6 \sim 561) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、平均 $2.147\ 7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 表现为低孔、低渗的特征^[21-23]。储层主要发育于长₂、长₃、长₄₊₅、长₆ 和长₈ 段。

三叠系延长组在纵向上砂、泥岩间相互、反复叠置, 在横向上互为消长、交接^[14]。延长组以河流、浅湖沼泽相泥岩夹煤线、暗色泥岩为主, 成为盆地上三叠统最好的盖层, 厚度在 80 ~ 120 m。长₄₊₅-长₉ 主要为湖相沉积物, 暗色泥岩厚约 200 m, 为中生界主要生油岩, 同时也是很重要的封盖层。

2 中生界成藏组合划分

2.1 成藏组合划分原则

笔者认为, 成藏组合可视为油气聚集带, 是指在同一二级构造带中互有联系、油气聚集条件相似的一系列油气田的总和。成藏组合是具有共同的储集层、区域性盖层和含油气系统的、尚未钻探的圈闭和已发现油气藏的集合体。划分成藏组合时, 在水平方向上考虑构造单元、圈闭类型和储集层相带类型, 纵向上考虑储集岩的时代和岩性。一个含油气系统可包含多个油气藏。

笔者将纵向的成藏组合定义为: 纵向上成藏的基本要素组合情况, 如生储盖、通道问题等, 其相当于许多研究者划分的纵向成藏(矿)系统。纵向成藏组合控制了盆地含油气子系统中成藏系统划分的“层”单元。根据定义明确划分原则, 对研究区成藏组合划分要考虑目的层以下主要条件: ①烃源岩分布和砂体分布; ②构造、古构造分布和主要断裂分布, 进而考虑油气运移疏导系统的空间分布; ③所在成藏组合主要烃源岩的分布; ④所在成藏组合盖层的分布, 特别是区域性盖层的分布, 一般认为在不存在断层的情况下,

仅通过裂缝作用是不太可能贯穿该类盖层的, 以其为分界, 上、下层系应该属于不同的成藏组合。另外, 还要考虑目前认识的构造圈闭及可能的其他圈闭的分布情况, 并分析含油气系统的保存情况。

2.2 成藏组合划分结果

依据划分原则, 总体上将鄂尔多斯盆地中生界含油气系统纵向上分为下部、中部、上部成藏组合。但是, 由于盆地地层发育情况的地区性差异, 造成了同是上部、中部或者下部组合其组成的地层也不同。例如, 盆地环县、庆阳、正宁一带长₁ 和长₂ 段遭剥蚀, 上部成藏组合由长₄₊₅ 和长₃ 段构成; 而定边、吴旗、环县一带上部成藏组合由长₄、长₃、长₂ 及长₁ 段构成。具体划分结果如下(图2)。

1) 长₁₀、长₉、长₈ 和长₇ 段构成的下部成藏组合

该成藏组合的特点是: 自生、自储的源内下部组合, 主力烃源岩为长₇ 段泥岩, 主力储层为长₈ 段砂岩, 区域性盖层为长₇ 段泥岩。

2) 长₇、长₆ 和长₅ 段构成的中部成藏组合

该成藏组合的特点是: 自生、自储的源内中部组合, 主力烃源岩为长₇ 段和长₆ 段, 主力产层为长₆ 和长₅ 段砂岩, 区域性盖层为长₅ 段。

3) 长₇、长₆ 和长₄₊₅ 段构成的中部成藏组合

该成藏组合的特点是: 自生、自储的源内中部组合, 主力烃源岩是长₇ 段泥岩, 主要产层是长₆ 段砂岩, 区域性盖层为长₄₊₅ 段泥岩。

4) 长₄₊₅ 和长₃ 段构成的上部成藏组合

该成藏组合的特点是: 自生、自储的源内中部组合, 主力烃源岩是长₄₊₅ 段泥岩, 主要产层是长₄₊₅ 段砂岩。

5) 长₄₊₅、长₃ 和长₂ 段构成的上部成藏组合

该成藏组合的特点是: 源外近源的上部组合, 主力烃源岩是长₄₊₅ 及长₂ 段泥岩, 主要产层是长₃ 段砂岩, 长₂ 段砂、泥岩组合为盖层。

6) 长₄、长₃、长₂ 和长₁ 段构成的上部成藏组合

该成藏组合的特点是: 自生自储上部源内组合, 主力烃源岩为长₅、长₄ 和长₃ 段泥岩, 主要产层是长₄ 和长₃ 段砂岩, 区域性盖层为长₃ 段泥岩。

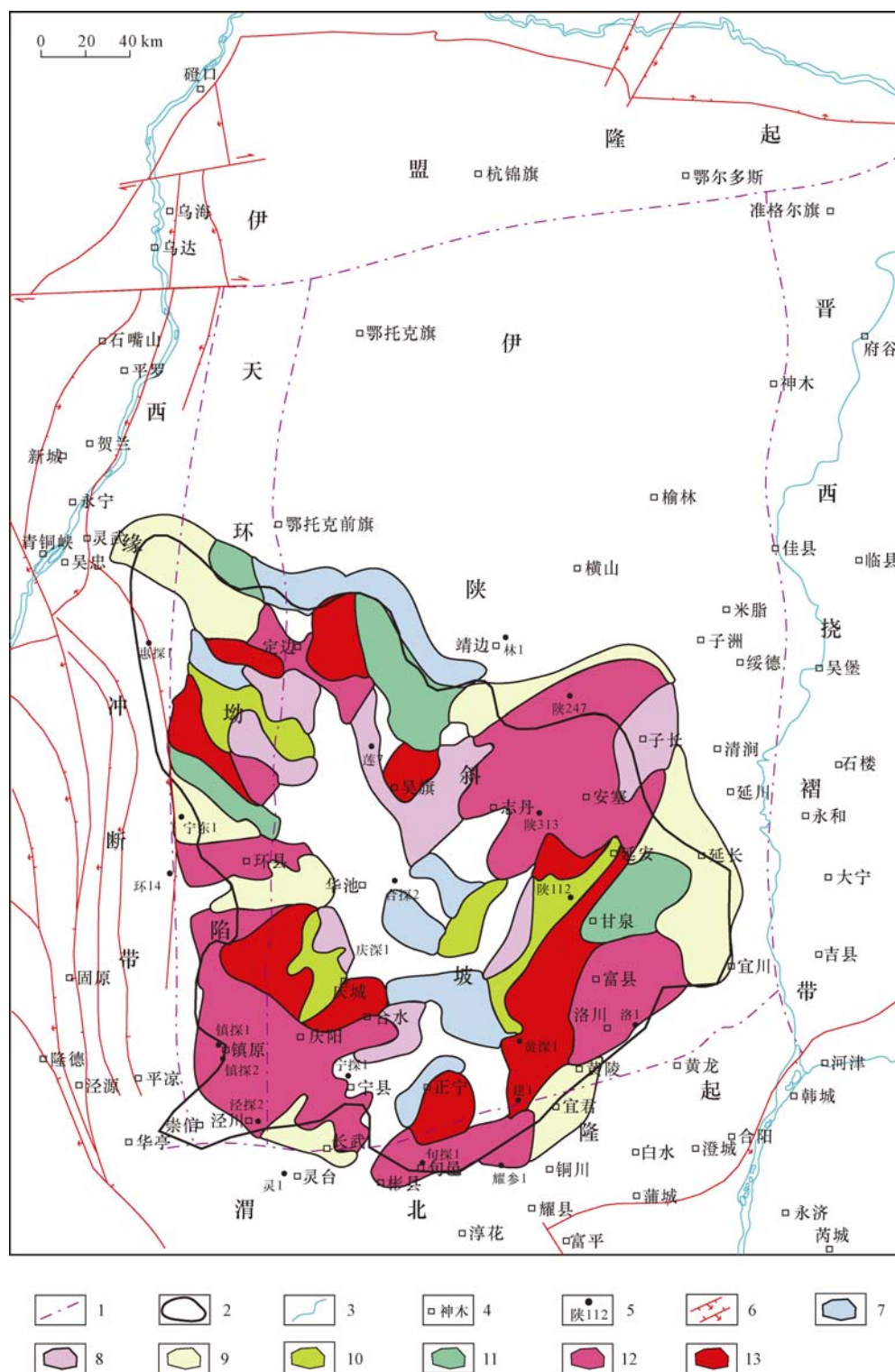


图2 鄂尔多斯盆地中生界上三叠统成藏组合分布

Fig. 2 Upper Triassic play distribution in Ordos Basin

1. 二级构造单元; 2. 有效烃源岩范围线; 3. 河流; 4. 地名; 5. 钻井; 6. 断层;
 7. 长₂ 成藏组合; 8. 长₆—长₄ 成藏组合; 9. 长₁₀—长₈ 成藏组合; 10. 长₂ 与长₆—长₄ 成藏组合重叠区;
 11. 长₂ 与长₁₀—长₈ 成藏组合重叠区; 12. 长₆—长₄ 与长₁₀—长₈ 成藏组合重叠区; 13. 三成藏组合重叠区

3 中生界成藏组合分布评价

3.1 长₁₀—长₇ 下部成藏组合

长₁₀、长₉、长₈ 和长₇ 段构成的下部成藏组合,主力烃源岩长₇ 段暗色泥岩有机质丰度以华池、吴旗地区最高。华池地区有机碳含量为 5.81%,氯仿沥青“A”含量为 0.506 4%,总烃含量为 $2\,107.87 \times 10^{-6}$;吴旗地区有机碳含量为 5.28%,氯仿沥青“A”含量为 0.667 7%,总烃含量为 $4\,152.03 \times 10^{-6}$;富县—葫芦河、延长—安塞和灵盐定地区有机质丰度相对较高,庆阳—马岭、固城川和麻黄山地区最差。

主要储集层为长₈ 段砂岩。在长₈ 期发育东北三角洲体系和西南辫状河三角洲体系。前者由神木—乌审旗三角洲和安塞三角洲组成;后者由镇原—庆阳辫状河三角洲、合水—正宁辫状河三角洲和环县辫状河三角洲组成。另外,湖盆西北缘还发育盐定三角洲,东南缘发育黄陵浊积扇,但规模均不大。镇原—庆阳辫状河三角洲砂厚 10 ~

30 m,岩性以中—细粒砂岩及细砂岩为主,平均孔隙度 10.7%、最大可达 18.1%,平均渗透率 $1.44 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、最大可达 $19 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,是石油聚集成藏的有利相带。北部的盐定三角洲物源供应能力不足。东北缘的榆林—横山地区长₈ 期不是主要的物源区。志丹—吴旗三角洲由北东向南西方向展布,砂层普遍较薄,粒度细,以细—粉砂岩沉积为主。安塞三角洲呈近东西向延展,砂岩可占总厚的 70%,但普遍以细粒长石砂岩为主,物性普遍较差。东南缘的黄陵三角洲和正宁三角洲组成盆地南部的沉积主体,呈南东—北西向和近南北向展布。除在黄陵地区、局部地区砂层相对较发育外,该组合总体以薄砂层与湖相泥质岩互层,物性普遍较差。

盖层长₇ 段岩性为一套灰黑与深灰色泥岩、灰色泥质粉砂岩夹黑色页岩与浅绿灰色薄层粉—细砂岩。该套盖层厚约 60 m,并向盆地西南略为加厚。平面上,该套盖层主要呈北西—南东向展布,局部地区厚度大于 80 m。在西缘冲断带及吴旗至环县一带,断层发育,中、小断层一般断穿延长组,到达延安组地层,因此,伊—陕斜坡西北部地区性

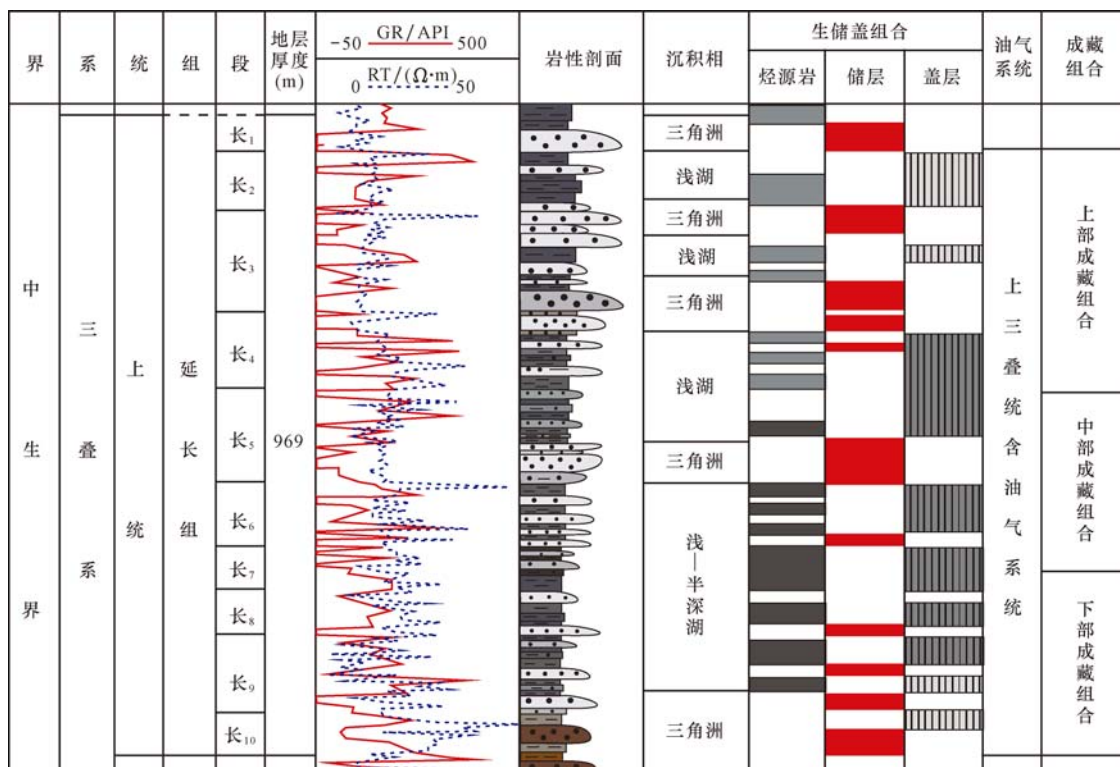


图3 鄂尔多斯盆地延长组定边地区油气成藏组合

Fig. 3 Yanchang Formation plays in Dingbian area, Ordos Basin

(包括区域性)盖层是被切穿的。

该组合主要分布在伊-陕斜坡西北部的定边(图3)、马家滩、吴旗、环县和伊-陕斜坡东南部的子长、延长、富县(图4)、志丹一带,目前发现有麻黄山、姬塬、铁边城、南沟岔和安塞等油田。

3.2 长₇—长₅中部成藏组合

长₇、长₆和长₅段构成的中部成藏组合,主力烃源岩为长₆和长₇段泥岩。

主要储层为长₅段和长₆段。长₆期该段为三角洲进积,形成了由安塞三角洲、志靖三角洲和安边三角洲组成的东北三角洲沉积体系;西南物源次之,由环县、镇原-庆阳及合水-正宁等辫状河三角洲组成西南沉积体系。另外,东南黄陵及西北盐定地区还分别发育规模较小的黄陵浊积扇和盐定三角洲。长₆期沉积厚度一般为80~120 m。靖边-安塞三角洲主体带砂厚40~80 m,单层厚

可达50~60 m。位于盆地东缘的延安-甘泉三角洲呈北东东向展布,其前缘相沉积以粉-细砂岩为主,但平原相广泛发育的分流河道局部发育单层厚可达40余米的中-细粒砂岩,是良好的储层砂体。局部盖层长₅段为浅湖相三角洲-浅湖相泥岩层。

该组合主要分布在伊-陕斜坡西北部的定边(图3)、马家滩、吴旗和环县一带,目前发现有麻黄山、姬塬、铁边城和油坊庄等众多中、小油田。

3.3 长₇—长₄₊₅中部成藏组合

长₇、长₆和长₄₊₅段构成的中部成藏组合,主力烃源岩是长₇段暗色泥岩;主要产层是长₆段砂岩;区域性盖层为长₄₊₅段稳定分布的湖相泥岩,平面上该套盖层分布较广。另外,在天环坳陷南段的镇原地表见有小断层,分析该区南部长武、正宁一带也可能存在小断层,这些地区断裂将烃源与储层沟通,纵向上成为整体的成藏组合。

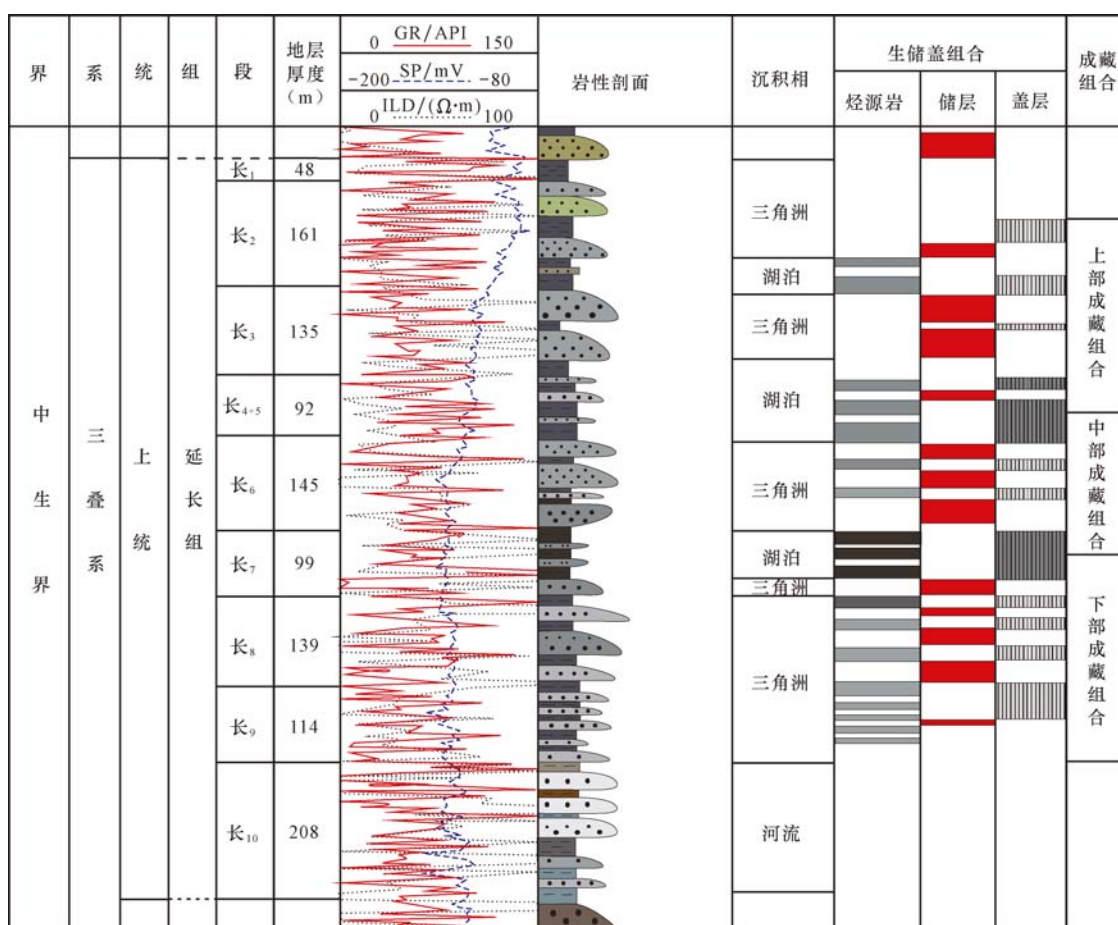


图4 鄂尔多斯盆地延长组富县地区油气成藏组合

Fig. 4 Yanchang Formation plays in Fuxian area, Ordos Basin

界	系	统	组	段	地层厚度 (m)	岩性剖面	沉积相	生储盖组合			成藏组合
								烃源岩	储层	盖层	
中 生 界	三 叠 系	上 统	延 长 组	长 ₃	897		三角洲				上部成藏组合
				长 ₄₊₅			湖泊				
				长 ₆			三角洲				中部成藏组合
				长 ₇			湖泊				
				长 ₈			三角洲				下部成藏组合
				长 ₉			湖泊				
				长 ₁₀			三角洲				
							河流				

图5 鄂尔多斯盆地延长组镇原地区油气成藏组合

Fig. 5 Yanchang Formation plays in Zhenyuan area, Ordos Basin

该组合主要分布在伊-陕斜坡东南部的子长、延长、富县(图4)、志丹和天环坳陷南部及伊-陕斜坡西南部的环县、华池、庆阳、泾川、正宁等一带,目前发现有南沟岔、安塞、环县、马岭和镇原(图5)等油藏。

3.4 长₄₊₅—长₃ 上部成藏组合

长₄₊₅和长₃段构成的上部成藏组合,主力烃源岩是长₄₊₅段湖相暗色泥岩。

主要产层为长₄₊₅段砂岩。长₄₊₅期形成了由安塞三角洲和靖边三角洲组成的东北三角洲沉积体系,乌审旗-安边三角洲组成的北部三角洲沉积体系,以及由环县三角洲和镇北、泾川-庆阳辫状河三角洲组成西南沉积体系。另外,还在盆地的东南和西北分别发育规模较小的黄陵三角洲和石沟驿三角洲。东北缘的靖边和安塞三角洲,向西南延伸与定边三角洲交汇。由于东北部物源相对强大,粒度较粗,在前缘储集砂体物性较好。盆地北部的乌审旗-安边三角洲,在盐池一定边-安边一线分流河道砂体较为发育,单层砂厚3~5 m,砂层累厚15~20 m,砂体主要为中-细粒长石砂岩,储层物性相对较好^[17]。环县三角洲砂层不发育。

镇北辫状河三角洲在进入深湖区演变为两支,呈南西-北东向延伸,砂厚可达20~30 m,主要是以粉-细砂岩为主,向物源方向物性有所变好。黄陵三角洲以长石粉-细砂岩为主,在其前缘可形成具有一定储集能力的砂体。延长组长₄₊₅段稳定分布的湖相泥岩为区域性盖层。

该组合主要分布在天环坳陷南部及伊-陕斜坡西南部的环县、华池、庆阳、泾川和正宁等一带,目前发现有环县、马岭、华池和镇原(图5)等油藏。

3.5 长₄₊₅—长₂ 上部成藏组合

长₄₊₅、长₃和长₂段构成的上部成藏组合,主力烃源岩是长₄₊₅及长₂段湖相暗色泥岩。

主要产层为长₃段砂岩。长₃时期,北部盐池-定边三角洲河道砂体单层最厚可达60多米,西北、北部源区方向局部发育好的储集砂体。如马家滩地区,平均孔隙度12.9%、最大可达16.4%,平均渗透率 $1.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、最大有 $1.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ^[16]。东北部吴旗-华池三角洲形成巨厚的三角洲砂体,构成该区良好的储油层系。延安三角洲较为发育,延安-永宁-南梁地区砂体单层厚度局部有40余米,个别地区应该具有良好的储

层砂体;砂体平均孔隙度 14.80%、最大 17.23%, 平均渗透率 $3.22 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、最大 $9.56 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。甘泉、富县、黄陵及铜川三角洲呈东西向展布,规模较长。段小。富县三角洲面积较大,砂厚可达 30~60 m^[16]。长₂段中、上部发育的是一套灰绿、灰、浅灰色细砂岩夹暗色泥岩组合,作为盖层。

该组合主要分布在伊-陕斜坡东南部的子长、延长、富县(图4)和志丹一带,目前发现有南沟岔、安塞、子长和子长北等油田。

3.6 长₄—长₁上部成藏组合

长₄、长₃、长₂及长₁段构成的上部成藏组合,主力烃源岩为长₅、长₄和长₃段暗色泥岩。长₄和长₃段发育的三角洲砂体提供了良好的储层。长₄段储集层可直接获得下伏长₅段烃源岩岩层中的油气而聚集成藏;另一主力储层长₃段发育区域性灰黑色泥岩为盖层,形成良好的自生自储、长₃泥岩封盖的储-盖组合。

该组合主要分布在伊-陕斜坡西北部的定边(图3)、马家滩、吴旗和环县一带,目前发现有姬塬、铁边城和油坊庄等中、小油田。

4 结论

1) 根据划分原则,将鄂尔多斯盆地中生界成藏组合划分为:①长₁₀、长₉、长₈和长₇段构成的下部成藏组合;②长₇、长₆和长₅段构成的中部成藏组合;③长₇、长₆和长₄₊₅段构成的中部成藏组合;④长₄₊₅和长₃段构成的上部成藏组合;⑤长₄₊₅、长₃和长₂段构成的上部成藏组合;⑥长₄、长₃、长₂和长₁段构成的上部成藏组合。

2) 鄂尔多斯盆地中生界成藏组合主要分布在伊-陕斜坡西北部的定边、马家滩、吴旗、环县,伊-陕斜坡东南部的子长、延长、富县、志丹和天环坳陷南部及伊-陕斜坡西南部的环县、华池、庆阳、泾川、正宁等一带。

参 考 文 献

- [1] 赵文智,何登发. 石油地质综合研究导论[M]. 北京:石油工业出版社,1999:35-121.
- [2] 童晓光,何登发. 油气勘探原理和方法[M]. 北京:石油工业出版社,2001:19,90-142.
- [3] White D A. Oil and gas play maps in exploration and assessment[J]. AAPG Bulletin,1988,72(7):9480-9493.
- [4] White D A. Assessing oil and gas plays in facies-cycle:wedges[J]. AAPG Bulletin,1980,64(8):1158-1178.
- [5] Crovelli R A, Balay R H. FASP ananalytic resource appraisal program for petroleum play analysis[J]. Computers & Geoscience,1986,12(4B):423-475.
- [6] 童晓光. 论成藏组合在勘探评价中的意义[J]. 西南石油大学学报,2009,31(6):1-8.
- [7] 戴金星,王庭斌,宋岩,等. 中国大中型天然气田形成条件与分布规律[M]. 北京:地质出版社,1997:80-162.
- [8] 李德生. 重新认识鄂尔多斯盆地油气地质学[J]. 石油勘探与开发,2004,31(6):1-6.
- [9] 陈永武,何文渊. 中国西部含油气盆地石油地质条件的主要认识和勘探方向[J]. 石油学报,2004,25(6):1-7.
- [10] 雷振宇,张朝军. 鄂尔多斯盆地含油气系统[J]. 中国石油勘探,1998,3(1):11-15.
- [11] 雷振宇,张朝军,杨晓萍. 鄂尔多斯盆地含油气系统划分及特征[J]. 中国石油勘探,2000,5(3):75-82.
- [12] 傅锁堂,席胜利,魏新善,等. 鄂尔多斯盆地东部上古生界成藏组合特征分析[J]. 低渗透油气田,2006,11(3):8-11.
- [13] 王建庵. 鄂尔多斯盆地南缘下古生界成藏组合研究[D]. 成

[1] 赵文智,何登发. 石油地质综合研究导论[M]. 北京:石油工业出版社,1999:35-121.

Zhao Wenzhi, He Dengfa. Introduction of petroleum geology comprehensive study[M]. Beijing: Petroleum Industry Press,

- 都理工大学,2009.
- Wang Jianhui. Research on play of lower paleozoic in the southern margin of Ordos Basin [D]. Chengdu University of Technology,2009.
- [14] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气 [M]. 北京:石油工业出版社,2003:46-105.
- He Zixin. Evolution and oil and gas of Ordos Basin [M]. Beijing:Petroleum Industry Press,2003:46-105.
- [15] 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):770-778,837.
- 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):770-778,837.
- [16] 付金华,罗安湘,喻建,等. 西峰油田成藏地质特征及勘探方向 [J]. 石油学报,2004,25(2):25-29.
- Fu Jinhua, Luo Anxiang, Yu Jian, et al. Geological features of reservoir formation and exploration strategy of Xifeng Oilfield [J]. Acta Petrolei Sinica, 2004, 25(2):25-29.
- [17] 杨华. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组沉积体系及含油性研究 [D]. 成都理工大学,2004.
- Yang Hua. Deposition system and oil accumulation research of Yanchang Formation in Triassic, Ordos Basin [D]. Chengdu University of Technology,2004.
- [18] 喻建,宋江海,向惠. 鄂尔多斯盆地中生界隐蔽性油气藏成藏规律 [J]. 天然气工业,2004,24(12):35-37.
- Yu Jian, Song Jianghai, Xiang Hui. Subtle reservoir formation law of Mesozoic in Ordos Basin [J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(12):35-37.
- [19] 喻建,韩永林,凌升阶. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组油田成藏地质特征及油藏类型 [J]. 中国石油勘探,2001,6(4):13-19.
- Yu Jian, Han Yonglin, Ling Shengjie. Geological characteristics and reservoir types of the Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2001, 6(4):13-19.
- [20] 长庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷12) [M]. 北京:石油工业出版社,1992:62-70.
- Drafting Group of Oil Reserves in China. Oil reserves in China (Volume 12) [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1992:62-70.
- [21] 许建红,程林松,鲍朋,等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组油藏地质特征 [J]. 西南石油大学学报,2007,29(5):13-17.
- Xu Jianhong, Cheng Linsong, Bao Peng, et al. Reservoir characteristics of Yanchang Formation in Triassic, Ordos Basin [J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2007, 29(5):13-17.
- [22] 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.
- [23] 梁宇,任战利,王彦龙,等. 鄂尔多斯盆地子长地区延长组流体包裹体特征与油气成藏期次 [J]. 石油与天然气地质,2011,32(2):182-191.
- Liang Yu, Ren Zhanli, Wang Yanlong, et al. Characteristics of fluid inclusions and reservoir phases in the Yanchang Formation of Zichang area, the Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(2):182-191.

(编辑 李军)

(上接第581页)

- [11] 刘宏,吴兴波,谭秀成,等. 多旋回复杂碳酸盐岩储层渗透率测井评价 [J]. 石油与天然气地质,2010,31(5):678-684.
- Liu Hong, Wu Xingbo, Tan Xiucheng, etc. Logging evaluation of permeability of multicyclic carbonate rock reservoirs in the Middle Sichuan Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5):678-684.
- [12] 周克明,张清秀,王勤等. 利用分形模型计算气水相对渗透率 [J]. 天然气工业,2007,27(10):88-89.
- Zhou Keming, Zhang Qingxiu, Wang Le, et al. Use of fractal models to calculate the gas-water relative permeability [J]. Natural Gas Industry, 2007, 27(10):88-89.
- [13] 毛鑫,冯文光,杨骞,等. 分形相对渗透率计算方法 [J]. 石油地质与工程, 2011, 25(6):90-91.
- Mao Xin, Feng Wenguang, Yang Qian, et al. Fractal relative permeability calculation method [J]. Petroleum Geology and Engineering, 2011, 25(6):90-91.
- [14] 何又雄,姚姚. 分形方法在模拟非均匀介质模型中的应用 [J]. 石油物探,2005,44(3):199-202.
- He Youxiong, Yao Yao. Model of heterogeneous media using fractal simulation [J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2005, 44(3):199-202.
- [15] 刘顺,何衡,张华光. 基于动态渗透率效应的低渗透油藏产能新观点 [J]. 断块油气田, 2011, 18(4):482-485.
- Liu Shun, He Heng, Zhang Huaguang. New viewpoint of productivity on low permeability reservoir based on dynamic permeability effect [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2011, 18(4):482-485.
- [16] 薛永超,程林松. 微裂缝低渗透岩石渗透率随围压变化实验研究 [J]. 石油实验地质,2007,29(1):108-110.
- Xue Yongchao, Cheng Linsong. Experimental study on permeability variation with confining pressure in micro-fracture and low-permeability rock [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2007, 29(1):108-110.

(编辑 董立)