

鄂尔多斯盆地彭阳油田侏罗系延安组油藏成藏规律

兰朝利¹, 王建国¹, 周晓峰¹, 代金友¹, 杨明慧², 崔志员³

(1.中国石油大学(北京)石油工程教育部重点实验室,北京 102249; 2.中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室,北京 102249; 3.中国石化国际石油勘探开发有限公司,北京 100029)

摘要:鄂尔多斯盆地彭阳油田主要勘探开发层位延安组平面展布特征变化较大,影响了对其油藏成藏规律的认识。在研究区延安组基本成藏条件研究的基础上,总结了延安组油藏成藏规律。延安组油藏原油主要来自延长组长6、长7段炭质泥岩或油页岩;生烃期晚于圈闭形成期,有利于油气聚集;油气在早白垩世末期通过断层、裂缝与延安组顶部不整合输导进入延安组成藏。构造是控制延安组油藏成藏的最重要因素,其次为砂体分布与保存条件;北东向砂体与东西向斜坡配置形成构造-岩性油藏,局部砂体向上超覆尖灭形成地层超覆油藏;研究区北、东部保存条件好,其内部的低幅度背斜、鼻状构造处于最有利成藏位置。

关键词:成藏条件 成藏规律 延安组 彭阳油田 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE112.31

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2014)05-0045-04

彭阳油田位于鄂尔多斯盆地西缘天环凹陷西南部,西侧毗邻西缘逆冲带^[1-3]。该区油气勘探始于20世纪80年代初,未取得突破。2000年以来,受陇东延长组石油勘探成功的影响,研究区石油勘探得以重启,借助前期地震勘探成果,优选有利构造部署探井,自2007年以来相继发现了侏罗系延安组延7、延8、延9段和三叠系延长组长3段油藏,并陆续投入开发。至2010年,彭阳油田原油产量已达 10×10^4 t,投产层位主要为延安组,表明该区延安组具有较大的石油勘探开发潜力。然而,彭阳油田延安组分布受沉积期古地貌控制,平面变化较大,构造展布受西缘逆冲带影响相对复杂,这些均影响了对延安组油藏成藏规律的认识,导致已实施的探井和评价井成功率低。为此,有必要开展彭阳油田延安组油藏成藏规律研究,以指导延安组下步勘探方向与井位部署。

1 区域地质特征

彭阳油田延安组为一套延长组差异抬升剥蚀后沉积的砂泥岩互层含煤岩系,自下而上可划分为延9、延8、延7和延6段,延6段顶部与上覆直罗组砾岩呈不整合接触。油层主要发育在下部的延9—延7段,各段间以普遍发育的煤层相隔,延8段和延

7₂亚段砂体最为发育。延9段主要分布在研究区东、北部,延8和延7段逐渐向南西超覆,至延6段沉积时期基本覆盖全区。

受天环坳陷总体构造格局控制^[4-10],彭阳油田延安组为一复杂向斜构造,具有“东西高、南北低、中亘隆”的特征,构造形态垂向上继承性较好,东、西两翼斜坡上发育低幅度背斜或鼻状构造。但由于各层段分布范围差异、侧向构造挤压与地层滑动等影响,导致各层段低幅度背斜或鼻状构造数量存在差异,其垂向位置也并不完全重叠。

区域古地理格局^[11-12]与沉积相标志反映延9—延7段砂体分布受潮湿气候条件下的砂质辫状河道带控制,心滩和河道充填砂体发育,厚度大,粒度粗,横向连续性好,侧向叠置且相互连通,形成拼合板状结构;砂体储层岩性以岩屑长石砂岩、长石岩屑砂岩和岩屑砂岩为主,成岩作用较弱,孔隙类型以残余粒间孔为主,物性较好,孔隙度普遍大于10%,渗透率普遍大于 $50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

2 成藏地质条件

2.1 烃源岩

彭阳油田延安组可能烃源岩包括侏罗系尤其是延安组煤层、炭质泥岩与延长组长4+5、长6段炭

收稿日期:2014-06-27。

作者简介:兰朝利,男,讲师,博士,从事沉积学、层序地层学、岩石学与开发地质学方面的研究与教学。联系电话:13511006229, E-mail: lanchaoli@163.com。

基金项目:中国石油天然气集团公司石油科技中青年创新基金项目(04E7023)。

质泥岩及长7段炭质泥岩和(或)油页岩。其中,延安组煤层、炭质泥岩与延安组砂岩储层组成互层,而长4+5、长6、长7段炭质泥岩和(或)油页岩垂向上远离延安组砂岩储层。根据延安组原油与延安组、延长组烃源岩生物标志物参数(如伽马蜡烷、C₃₀藿烷等)的对比结果,结合研究区延安组区域烃源岩分析^[13-18],认为彭阳油田延安组有效烃源岩主要为长6、长7段炭质泥岩或油页岩。平面上,彭阳油田距离长6、长7段生烃中心较远,位于有效烃源岩层分布区边缘^[15-16,18],油气运移成藏需要较长距离。

2.2 储层和盖层

彭阳油田延安组油藏储层为延9—延7段辫状河沉积砂体,普遍具有较好的物性。延9—延7段内与油层互层接触的炭质泥岩、煤层构成了储层的直接盖层,其中,延9—延7段煤层局部厚度达12 m,由于这些煤层也具有生烃能力,因此具有较强的烃浓度封盖能力;延6段上部的炭质泥岩夹煤线构成了延安组油藏的区域性盖层。延6段砂岩普遍不发育,炭质泥岩厚度较大,横向分布稳定,封盖能力相对较强,但其在研究区西南部被剥蚀厚度较大,封盖能力下降。

2.3 运移通道

断层、裂缝和不整合面是延安组圈闭能否聚集油气的关键因素之一^[13-16]。岩心观察发现,在延9—延7段内部,裂缝为有效的油气运移通道,其穿过的砂岩富含油。垂向上,延9—延7段距长6、长7段烃源岩层较远,尤其是中间相隔长4+5段致密生烃层,这意味着必须借助断层或裂缝穿透长4+5段厚层致密层以及长3段内致密夹层,才有可能使得长6、长7段烃源岩排出的油气到达延9—延7段圈闭成藏。

横向上,彭阳油田距离长6、长7段主力生烃层的生烃中心较远,烃源岩厚度较薄,近源成藏的几率较小,大量油气聚集必须依靠穿过长4+5致密层之后的水平运移才可实现,因此与鄂尔多斯盆地其他地区更靠近烃源岩生烃中心的延安组油藏相比^[19-25],延长组顶部不整合面对延9—延7段油气聚集起着更为关键的作用。另外,在延9—延7段内部,侧向叠置、连通的高渗透砂层也可构成良好的运移通道,有助于油气的水平运移。

2.4 聚集条件

晚侏罗世末期,受古太平洋板块与欧亚板块斜向碰撞所产生的区域构造效应和特提斯构造动力体系远程构造效应共同影响,北东—南西向构造挤压作用奠定了彭阳油田延安组圈闭构造基本形态^[7-10]。长6、长7段烃源岩于侏罗纪末期开始成熟,

在早白垩世末期达到生油高峰(图1),与盆地主生烃期相同^[26-28],因此彭阳油田延安组油藏生烃期晚于圈闭形成时期,有利于油气聚集。

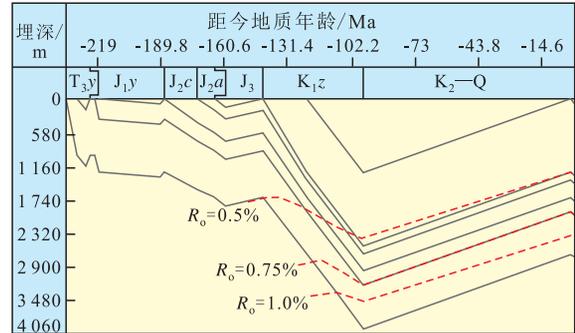


图1 彭阳油田Y22井埋藏史

2.5 保存条件

晚白垩世以来,研究区延安组遭受了再次挤压与抬升^[3,7,10],并形成相关裂缝或断层。尽管其构造活动强度不大,但形成的断层或裂缝必然会导致油气发生垂向运移,从而造成早期油藏不同程度的破坏,尤其是在彭阳油田西南部,延安组地层水为NaHCO₃型,矿化度普遍低于10 g/L,远低于研究区东北部地层水矿化度(东北部地层水还见Na₂SO₄型和CaCl₂型,后者反映了封闭的成岩流体环境^[29])(表1),反映其后期曾遭受浅层低矿化度地层水水淹,

表1 彭阳油田延9—延7段地层水矿化度统计

分区	井号	层位	总矿化度/(g·L ⁻¹)	水型
低矿化区	Y73	延7	3.35	NaHCO ₃
	Y24	延7	1.86	NaHCO ₃
	Y26	延7	6.10	NaHCO ₃
	Y28	延7	3.18	NaHCO ₃
	Y206	延8	4.91	NaHCO ₃
	Y33	延8	1.63	NaHCO ₃
	Y24	延8	2.12	NaHCO ₃
	Y31	延9	7.30	NaHCO ₃
	P3-2	延9	7.38	NaHCO ₃
	Y24	延9	9.86	NaHCO ₃
高矿化区	Y32	延9	8.73	NaHCO ₃
	Y26	延8	19.50	NaHCO ₃
	P3	延8	28.93	Na ₂ SO ₄
	M27	延9	48 910.00	Na ₂ SO ₄
	Y26	延9	44.44	NaHCO ₃
化度区	Y72	延9	62.82	Na ₂ SO ₄
	Z105	延9	128.21	CaCl ₂
	Y79	延9	31.47	CaCl ₂
	Y34	延9	51.77	CaCl ₂
	Y29	延7	19.62	NaHCO ₃
	Y8	延8	41.60	Na ₂ SO ₄
	H53	延9	70.00	CaCl ₂

部分油藏遭到破坏,保存条件变差,而新生代构造挤压形成的断层或裂缝沟通是造成其破坏的最可能机制。在Y25井区,浅层低矿化度地层水水洗导致延安组水层电阻率升高,甚至高于油层电阻率。

3 成藏规律

构造是控制油气成藏的最重要因素 延9—延7段砂体孔隙度、渗透率普遍较好,且具有拼合板状结构,侧向连通性好,因此难以发育物性封闭的岩性油藏。彭阳油田延安组已开发油藏多为低幅度

背斜构造油藏(图2);且长6、长7段烃源岩生成的油气必须依靠断层、裂缝才能向上运移到延安组,因此构造是控制彭阳油田延安组油气成藏的最重要因素。

北东向砂体与东西向斜坡配置形成构造-岩性油藏 研究区延安组具有向斜形态,在向斜两翼的东倾、西倾斜坡上,延9—延7段砂体呈北东向展布,向上尖灭砂体受上部与侧向致密炭质泥岩、煤层遮挡,可聚集油气,发育构造-岩性油藏(图3)。但是,受井控程度影响,准确预测延安组砂体平面分布范围围存在一定难度,导致对这种岩性-构造油藏分布

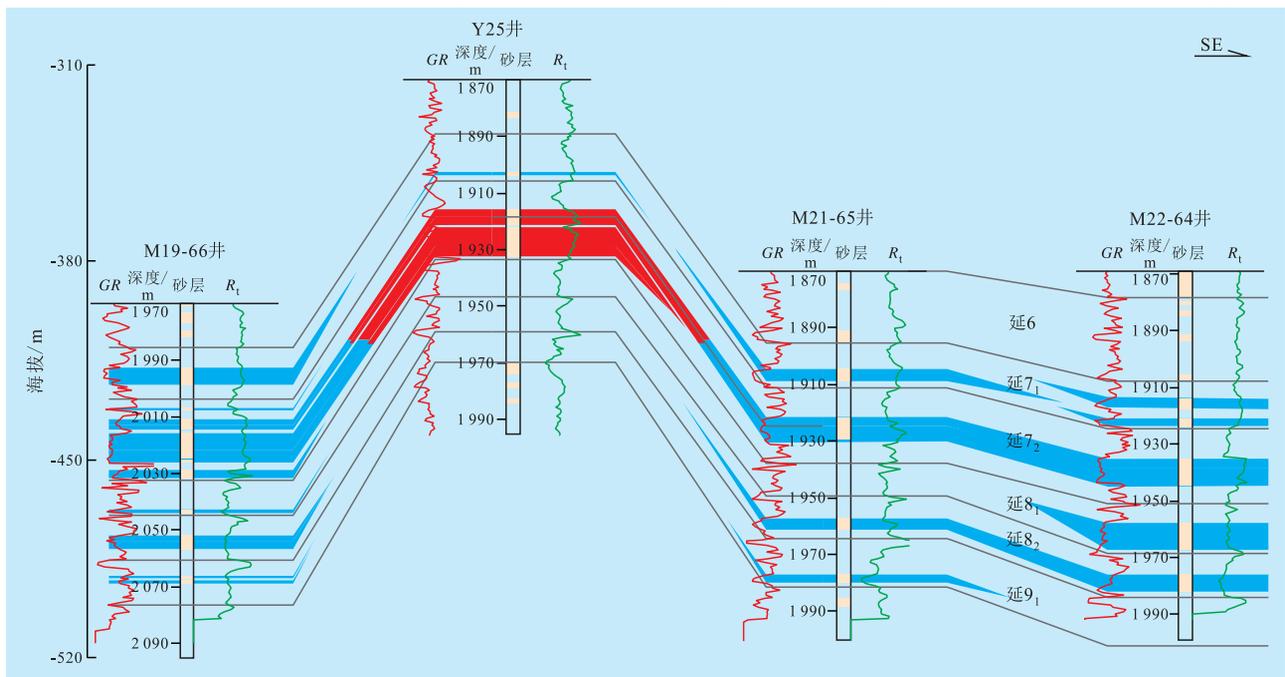


图2 彭阳油田延安组典型构造油藏剖面

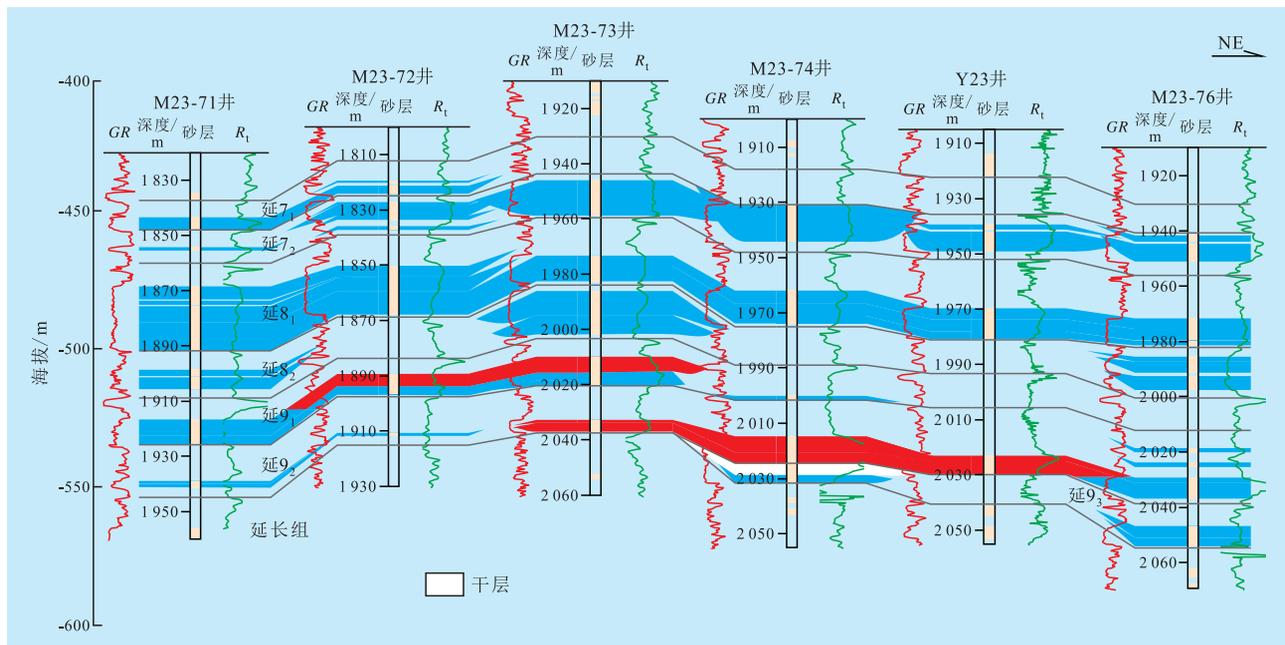


图3 彭阳油田延安组典型地层不整合与构造-岩性油藏剖面

的预测精度较低。

局部砂体向上超覆尖灭形成地层超覆油藏。研究区延安组砂体自延9段到延7段逐渐向西超覆,在延长组之上,形成地层超覆圈闭;并且,研究区西南部自沉积后始终处于构造高部位,有利于长6、长7段油气沿延长组顶部不整合面向上运移进入延安组砂体内,形成地层超覆油藏(图3)。

北、东部低幅度背斜和鼻状构造处于最有利成藏位置。从保存条件来看,彭阳油田北、东部埋藏深,地层封闭性好,油藏保存条件更好,而向西南部,油藏埋藏浅,存在断层或裂缝与浅层地层水沟通,油藏易被破坏。从延安组已发现油藏的分布情况来看,主要分布在Y34—Y25—Y27—Z354一线以北和以东地区,而这些地区地层水矿化度较高,即具有较好的保存条件。这些地区的低幅度背斜、鼻状构造是有利油气聚集位置,斜坡部位砂体上倾尖灭可形成构造-岩性油藏。

4 结束语

根据对彭阳油田延安组石油地质特征与成藏条件的分析可知,延安组发育构造、构造-岩性和地层超覆油藏;构造是控制延安组油藏成藏的最重要因素,其次为砂体分布与保存条件。研究区北、东部延安组保存条件好,其内部的低幅度背斜、鼻状构造处于最有利成藏位置,是井位部署的优选目标;研究区东倾、西倾斜坡上发育构造-岩性油藏,而西南部可能残存地层超覆油藏。

参考文献:

- [1] 长庆油田地质志编写组.中国石油地质志:卷十二·长庆油田[M].北京:石油工业出版社,1992.
- [2] 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.
- [3] 杨俊杰.鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M].北京:石油工业出版社,2002:36-101.
- [4] 刘池洋,赵红格,王锋,等.鄂尔多斯盆地西缘(部)中生代构造属性[J].地质学报,2005,79(6):737-747.
- [5] 刘池洋,赵红格,桂小军,等.鄂尔多斯盆地演化-改造的时空坐标及其成藏(矿)响应[J].地质学报,2006,80(5):617-638.
- [6] 丁晓琪,张哨楠.鄂尔多斯盆地西南缘中生界成岩作用及其对储层物性的影响[J].油气地质与采收率,2011,18(1):18-22.
- [7] 杨华,陶家庆,欧阳征健,等.鄂尔多斯盆地西缘构造特征及其成因机制[J].西北大学学报:自然科学版,2011,41(5):863-868.
- [8] 赵振宇,郭彦如,王艳,等.鄂尔多斯盆地构造演化及古地理特征研究进展[J].特种油气藏,2012,19(5):15-20.
- [9] 刘少峰,杨士恭.鄂尔多斯盆地西缘南北差异及其形成机制[J].地质科学,1997,32(3):397-408.
- [10] 高帮飞,邓军,王庆飞,等.构造体制转换与成藏作用——以鄂尔多斯盆地为例[J].油气地质与采收率,2007,14(3):9-11.
- [11] 时志强,韩永林,赵俊兴,等.鄂尔多斯盆地中南部中侏罗世延安期沉积体系及岩相古地理演化[J].地球学报,2003,24(1):49-54.
- [12] 赵俊兴,陈洪德.鄂尔多斯盆地侏罗纪早中期甘陕古河的演化变迁[J].石油与天然气地质,2006,27(2):152-158.
- [13] 郭彦如,刘俊榜,杨华,等.鄂尔多斯盆地延长组低渗透致密岩性油藏成藏机理[J].石油勘探与开发,2012,39(4):417-425.
- [14] 代金友,李建霆,王宝刚,等.鄂尔多斯盆地里151油藏延8—延10油组沉积特征及其与油气的关系[J].油气地质与采收率,2013,20(4):5-9.
- [15] 刘联群,刘建平,李勇,等.鄂尔多斯盆地彭阳地区侏罗系延安组油气成藏主控因素分析[J].地球科学与环境学报,2010,32(3):263-267.
- [16] 蔡玥,赵乐,肖淑萍,等.基于恒速压泵的特低—超低渗透储层孔隙结构特征——以鄂尔多斯盆地富县探区长3油层组为例[J].油气地质与采收率,2013,20(1):32-35.
- [17] 席胜利,刘新社,王涛.鄂尔多斯盆地中生界油气运移特征分析[J].石油实验地质,2004,26(3):229-235.
- [18] 王学军,王志欣,陈杰,等.鄂尔多斯盆地镇北油田延长组低渗透储层成因及油气运移特征[J].油气地质与采收率,2010,17(1):15-18.
- [19] 郭正权,潘令红,刘显阳,等.鄂尔多斯盆地侏罗系古地貌油田形成条件与分布规律[J].中国石油勘探,2001,6(4):20-27.
- [20] 郭正权,张立荣,楚美娟,等.鄂尔多斯盆地南部前侏罗纪古地貌对延安组下部油藏的控制作用[J].古地理学报,2008,10(1):63-71.
- [21] 杨华,付金华,喻建.陕北地区大型三角洲油藏富集规律及勘探技术应用[J].石油学报,2003,24(3):6-10.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 赵俊兴,陈洪德,傅锁堂,等.鄂尔多斯盆地侏罗系层序地层与盆地充填演化耦合关系[J].成都理工大学学报:自然科学版,2007,34(5):511-518.
- [25] 朱静,李文厚,韩永林,等.陇东地区前侏罗纪古地貌及油藏成藏规律研究[J].沉积学报,2010,28(6):1229-1237.
- [26] 万丛礼,付金华,张军.鄂尔多斯西缘前陆盆地构造热事件与油气运移[J].地球科学与环境学报,2005,27(2):43-47.
- [27] 任战利.鄂尔多斯盆地热演化史与油气关系的研究[J].石油学报,1996,17(1):17-24.
- [28] 赵雪娇,王震亮,范昌育,等.鄂尔多斯盆地陇东地区长7段烃源岩排烃机制及成藏意义[J].油气地质与采收率,2012,19(1):35-38.
- [29] 梁晓伟,牛小兵,李卫成,等.鄂尔多斯盆地油田水化学特征及地质意义[J].成都理工大学学报:自然科学版,2012,39(5):502-508.