

文章编号: 1001- 6112(2003) 04- 0395- 04

层序地层学在泌阳凹陷隐蔽 油藏预测中的应用

张明安^{1,2}, 鲜本忠³

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中国石化 胜利油田有限公司, 山东 东营 257015;
3. 石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘要: 层序地层学原理为从成因的角度分析地层及地层中分布的隐蔽油藏提供了行之有效的理论和方法, 沉积层序(三级)的各级层序界面(层序边界、初泛面、最大湖泛面)与油气关系密切。其中初泛面对隐蔽油藏的成藏起着重要的控制作用, 初泛面泥岩对油气的有效封堵范围控制着低位域中隐蔽油气藏的分布。该文总结出层序地层学用于隐蔽油藏预测的“四定一综合”的方法, 并在泌阳凹陷的勘探实践中概括出该区 5 种隐蔽油藏的成藏规律。其中, “断层切香肠”成藏、初泛面泥岩封盖成藏均发生于低位域中, 除前者受下切谷形态及其受断层走向影响外, 二者均受初泛面的直接控制。超覆型和不整合遮挡型地层油藏分别发育于湖侵域和高位域中, 均与层序边界关系密切。岩性油气藏则可发育于各种体系域中。

关键词: 层序地层学; 隐蔽油藏; 核桃园组; 泌阳凹陷

中图分类号: TE121. 3

文献标识码: A

1 泌阳凹陷核桃园组层序地层特征

泌阳凹陷位于河南省南部唐河县与泌阳县之间, 是南襄盆地内发育的一个次级凹陷, 面积约 1 000km², 沉积的主要地层为下第三系, 其中核桃园组最为发育, 为主断陷期的产物。自下而上乃为核三段、核二段、核一段, 其中核三段是泌阳凹陷的油气主力产层, 厚约 1 050~ 2 000m^[1]。

在泌阳凹陷核桃园组沉积建造内, 根据岩性、岩相、古生物、地球物理和地球化学等特征可识别出 5 个层序界面。自下而上, 这 5 个层序界面大体上分别对应于核三段 8 砂组底界(Eh^3V ㉔)、4 砂组底界(Eh^3 ㉕)、2 砂组底界(Eh^3 ㉖)、核二段(Eh^2) 底界和核一段(Eh^1) 顶界。据此, 核桃园组沉积地层可划分出 4 个沉积层序。

层序地层学通过对不整合、整合、初次海(湖)泛面、最大海(湖)泛面以及各级海(湖)泛面的识别和对比, 从层序的划分入手, 再细分体系域、准层序组、准层序类型, 逐步进行研究, 以期“提供一种更精确的地质时代对比、古地理再造和钻前预测储集层、生

油层和盖层的方法”^[2]。因此在层序地层学研究中层序界面及体系域界面的识别和研究具有相当重要的意义。

在此, 以泌阳凹陷缓坡带地区泌 160 井层序 ㉔中体系域的划分为例示意说明(图 1)。泌 160 井中层序 ㉔深度范围为 1 801~ 2 210m, 厚 409m。根据其准层序的叠加方式可以在 1 935、2 018m 处划界将之分为 3 段。底段厚 192m, 为含砾砂岩为主的粗碎屑物质, 具明显的加积式; 中段厚 117m, 相对较薄, 沉积物粒度开始变细, 并且越往上越细, 呈现出明显的退积式特征。顶段厚 135m, 可以分出两小段。这两段都是加积式, 所以, 从总体来看, 仍然是加积式。以上对泌 160 层序 ㉔划分出的 3 段分别对应于低位域、湖侵域和高位域。其中, 首泛面以一套厚约 10m 的灰色泥岩为标志, 最大湖泛面以一套近 20m 厚的深灰色泥岩作为标志。

核桃园组沉积时期, 是泌阳断陷湖盆发育的颠峰期, 湖泊水体呈明显的环带性, 其沉积体系配置由南往北为: 扇三角洲- 湖泊- 深水浊积扇沉积体系或近岸水下扇- 湖泊沉积体系; 由北向南为: 辫状河三角洲- 湖泊沉积体系或河流- 下切谷- 低位扇-

收稿日期: 2003- 03- 09; 修订日期: 2003- 06- 04.

基金项目: 中国石化集团公司科技攻关项目(P00016).

作者简介: 张明安(1964-), 男(汉族), 山东肥城人, 博士生、高级工程师, 主要从事油气勘探研究工作.

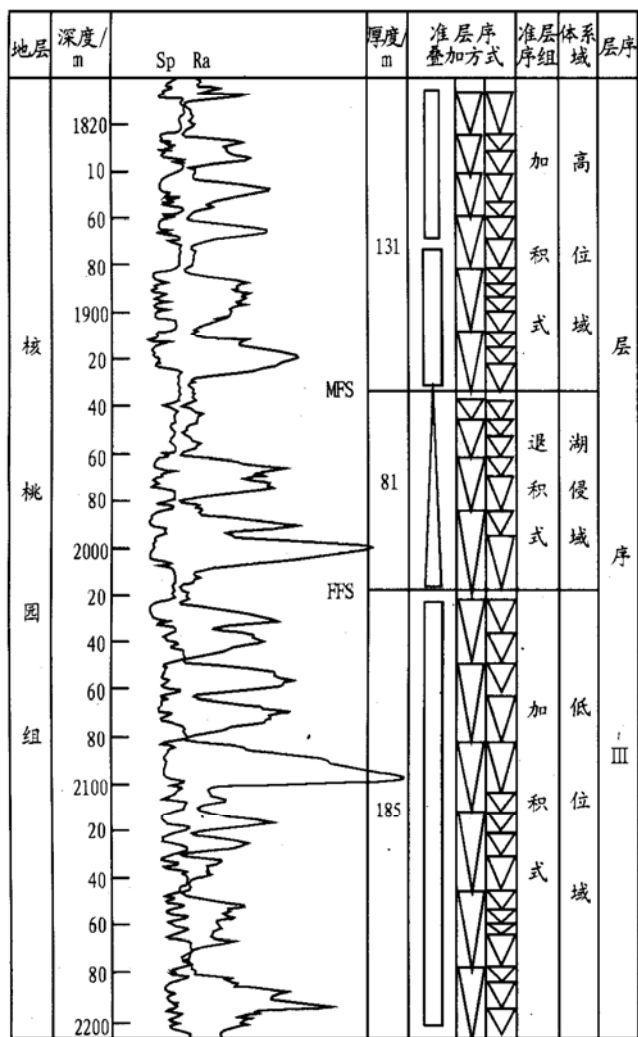


图 1 泌阳凹陷层序与体系域划分(以 B160 井层序 ④为例)

Fig. 1 Division of system tracts and sequences in the Biyang Depression (an example from sequence ④ in well B160)

湖泊沉积体系。

2 层序地层学用于该区隐蔽油气藏勘探的思路和方法

进入 90 年代,泌阳凹陷进入中高勘探程度阶段,隐蔽油气藏在勘探开发中的地位日趋重要。归纳起来,该区隐蔽油藏的勘探具有以下几个显著的特点: a) 由于隐蔽油藏的隐蔽性,所以难以直接从常规地震资料中识别,但是高品质、高分辨率三维地震资料却可以为隐蔽油藏的识别提供强有力的支持; b) 泌阳凹陷湖盆小,储层类型多、相变快,砂岩岩性油气藏的发现较为困难; c) 泌阳凹陷隐蔽油藏勘探的潜力较大。目前,发现大中型构造油气藏的可能性越来越小,剩余资源量约 1.1×10^8 t,这部分资源潜力应以隐蔽油气藏形式赋存为主,这是以后油气勘探的主战场。

综合近年来层序地层学研究成果,总结出运用

层序地层学进行隐蔽油气藏预测研究思路和方法。总体思路是,首先从地震层序解释入手,通过合成地震记录将地震和测井解释结果联系起来,划分沉积层序及其体系域,再利用测井资料识别准层序、准层序组、密集段(通常为高伽马、低电位和低电阻),配合生物地层学资料 and 同位素年龄资料,建立研究区等时地层格架,建立研究区层序地层格架;然后通过露头或岩心资料对地震和测井分析结果进行检验和完善,进行连井地层精细对比,同时在层序地层格架中进行沉积相分析,研究砂体平面展布特征,结合储层物性预测隐蔽油藏的有效范围及远景区^[3];最后综合分析形成油气成藏条件和成藏模式,探讨层序地层与隐蔽油气藏的关系,识别隐蔽油藏,指出有利区块和目标^[4]。

具体地讲,层序地层学用于隐蔽油气藏勘探的方法可以概括为“四定一综合”。“四定”就是定区带、定层系、定目标、定砂体,建立砂体地质模型^[5]。结合泌阳凹陷实际情况,首先研究盆地构造演化和沉积充填序列,确定区带,确定砂体有利发育地区;接下来利用高精度层序地层学方法,划分沉积层序,进行沉积体系分析,确定有利层系;然后利用高分辨率地震资料和测井、钻井资料,建立地震、测井和钻井岩心之间的对应关系和转化模式,进行沉积体系和沉积微相和高分辨率层序地层学研究,初步确定最有利的扇体或复合砂体的分布范围和顶面深度,研究其成藏条件的优劣,确定目标区块;最后通过目的层储层横向预测等方法描述砂体几何形态,确定砂体目标,建立砂体地质模型^[6]。在此基础上,综合早期勘探认识和经验,综合油气来源、成藏条件等资料进行油藏综合评价和隐蔽油气藏勘探部署。

3 泌阳凹陷隐蔽油气藏成藏规律

层序地层与隐蔽油气藏之间具有密切的关系。笔者在深入研究的基础上,总结出泌阳凹陷层序地层学与隐蔽油气藏成藏条件的几点经验,可供其它陆相断陷湖盆进行隐蔽油气藏勘探时参考。

3.1 “断层切香肠”成藏论

研究过程中,通过全区层序地层学和沉积体系研究,在孙岗-程店地区层序 ④、⑤ 的低位域中发育两套下切谷沉积^[7]。下切谷中极易形成以岩性油藏为主的隐蔽油藏。下切谷中岩性油藏的形成条件主要受岩性变化带、河岸侧翼遮挡、断层遮挡和初泛泥岩垂向封堵等因素控制,组合成多种成因河道砂油藏类型,有边滩、心滩和河道冲积岩等油藏类

型^[8]。通过对该区油气成藏条件和成藏类型进行重新解析,认为在下切河谷发育地带,河道砂体的条带分布和发育横切河道砂体的断层是下切谷发育地区断层-岩性复合油气藏形成的最关键条件。因为下切谷砂体在下切谷两岸方向上岩性侧向突变封堵,垂向上又有初泛面泥岩覆盖,所以一旦有横切河谷方向的断层发育,便会在下切谷砂体的上倾方向也形成侧向封堵而形成岩性-断层复合型油藏(图2)。这种成藏条件可形象地概括为“断层切香肠”成藏论。

下切谷砂体形成于湖盆相对萎缩期,直接深入到早期半深湖及深湖部位,即油源区。下切谷砂体良好的储集物性有利于油气从源区向湖盆周边运移,必将成为油气运移的良好通道。这既给下切谷储层成藏提供了基础,又同时可造成下切谷储层中油气的逸散,而不利于油气成藏。所以,研究断裂形成时期与油气主要成熟期及运聚期的匹配关系显得异常重要。同时,下切谷内砂砾岩体的顶部是否具有厚层泥岩或膏岩等构成有效的封隔层,以及断层的规模大小、断层封闭性等也是决定下切谷内“断层切香肠”形成的隐蔽油藏是否成藏的关键因素。

3.2 斜坡带初次湖泛面封盖成藏论

据 G. R. Baum 统计,世界上大部分油气田 86% 的储量赋存于低位域中,只有 12% 与水进域有关,2% 与高位域有关。国内易绍国等 1997 年对松辽盆地东南部梨树一德惠凹陷进行了统计分析表明,约 72% 的油气段分布在低位域,24% 的油气段分布在高位域,4% 的油气段分布在水进体系域中。可见,大多数油气藏都赋存于低水位体系域中,且与低位域有关的油气藏多数是地层、岩性等隐蔽油气藏。这主要受控于 3 个基本因素:一是低位域储层发育且储集质量优良;二是低位域覆盖于早期沉积

层序的高位域之上,油源充足;三是低位域以首次大规模湖泛结束,湖泛形成的泥岩或油页岩直接覆盖于低位域砂砾岩体上,有利于形成有效的垂向封堵。陆相层序中低位域的含油性受到初次湖泛面的控制也存在有效区域。在盆地边缘有效的初泛面泥岩超覆范围以外,由于缺乏有效的封盖层而导致油气垂向逸散而不能聚集成藏。

经过对孙岗下二门地区的研究可以看出,该区油气藏的分布也明显地受到初次湖泛面的控制与影响,主要的含油层段集中分布在层序 ④(H3-④)初次湖泛面附近,即低水位体系域的上部。

3.3 斜坡带湖侵体系域超覆尖灭——超覆型地层油气藏的形成

在层序发育的湖侵时期,一般发育退积式准层序组,准层序的分布以向盆地边缘的不断上超为特征。此种类型出现在层序边界之上,砂体超覆不整合面被湖侵期沉积的稳定泥岩所覆盖,形成了良好的封盖条件。在这种沉积背景下,砂体可能向盆地边缘上超,形成垂向上有上覆湖泛的泥岩封盖,侧向上由不整合遮挡的超覆型油气藏。在北部缓坡带王集地区过 B154、B218 的地震剖面上层序 iv、④湖侵体系域中上超反射特征就属于这种类型(图3)。砂体向盆地方向终止于半深湖泥岩,向盆地边缘终止于不整合。

在各个层序的湖侵域时期,北坡带表现出较大规模的“超覆”现象。其中,层序 iv 的湖侵域发育的超覆体规模最大。超覆砂体在特殊的构造背景下,成藏条件优越,易于形成超覆地层油气藏。

3.4 斜坡扇和湖底扇中岩性油气藏的形成

在层序发育早期的低位域时期形成的下切谷最前端常常发育有低位扇或斜坡扇,具有形成岩性尖

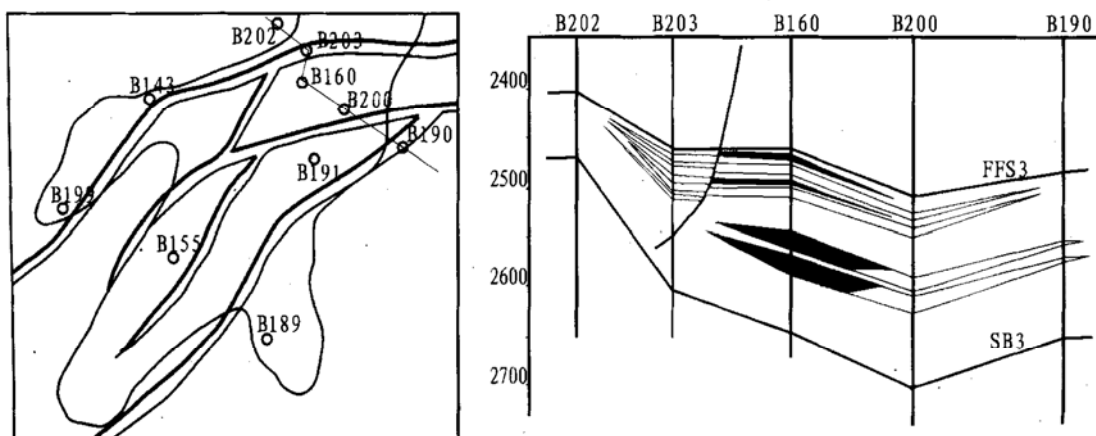


图2 孙岗—程店地区层序④低位域下切谷分布范围及油藏剖面示意图(SB3为层序④底界;FFS3为层序④初泛面)

Fig. 2 Distribution of incised valleys and profile of oil reservoirs in the LST of sequence ④

in Sungang-Chengdian area, the Biyang Depression

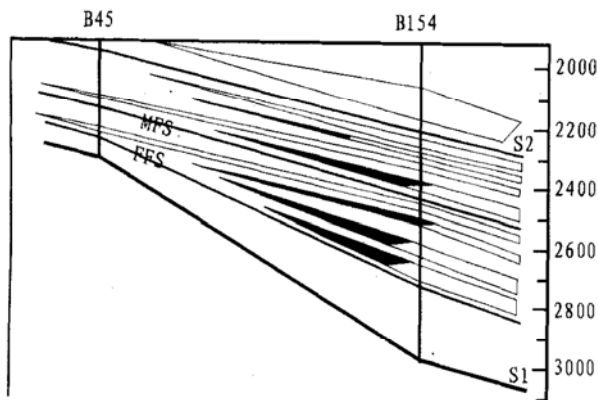


图 3 王集地区超覆油气藏地层对比剖面图

图中 S1、S2 分别为层序 iv、㉑底界;

MFS 为最大湖泛面; FFS 为初泛面

Fig. 3 Correlation of strata in Wanji area, showing overlying reservoirs

灭油藏的优越条件,是盆地中形成岩性油气藏的重要环境。在孙岗—程店地区的层序 ㉑的低位域中识别出两个低位扇沉积体,这是在该区突破岩性油藏勘探的重点地区。

另外,在湖侵期和高位域早中期,斜坡地带一般发育退积式或加积式准层序。伴随着岸线的后退,沉积物在斜坡上的堆积使得斜坡坡度逐渐大于沉积坡度,在这种情况下,当受到地震、风暴浪等外界因素的激发,斜坡上尚未固结成岩的沉积物就会发生滑塌形成浊流,进入较深湖区,发生再沉积作用,形成岩性尖灭或岩性透镜体。如果有浊流水道发育,也可以形成良好的水道砂体,形成自生自储的岩性油气藏。该类型的油气藏在泌阳凹陷东南部地区已有发现,但数量较少,仅在 B103、B101 井处有所突破。

3.5 层序界面之下不整合遮挡

不整合面遮挡型油藏主要发育于层序边界之下的高水位体系域。这种类型的油气藏主要分布于北部缓坡带井楼等不整合界面发育的地区,进积式三角洲砂体向上常形成顶超,向下终止于前三角洲泥岩,顶部由于湖平面下降形成不整合面,在下次湖泛过程中又被湖侵域稳定泥岩覆盖而封堵成藏。

4 结论

层序地层学是进行隐蔽油气藏预测和勘探的有效工具。沉积层序(三级)的各级层序界面(层序边界、初泛面、最大湖泛面)与油气关系密切。其中初泛面对隐蔽油藏的成藏起着重要的控制作用,初泛面泥岩对油气的有效封堵范围决定着低位域中隐蔽油气藏的分布。在本区层序地层学研究及隐蔽油气藏基础上,提出泌阳凹陷 5 类隐蔽油藏的形成及其成藏模式。其中,“断层切香肠”成藏、初泛面泥岩封盖成藏均发生于低位域中,除前者受下切谷形态及其与断层走向的匹配影响外,均受初泛面的直接控制。超覆型和不整合遮挡型地层油藏分别发育于湖侵域和高位域中,后者与层序边界密不可分。扇体中岩性油气藏则可以发育于各种体系域中。“四定一综合”的勘探思路为利用层序地层学理论进行隐蔽油气藏勘探提供了切实可行的方法。在定砂体、落实具体目标砂体时适当辅以利用地球物理、地质资料的储层横向预测技术可提高预测隐蔽油藏的精度。

参考文献:

- [1] 鲜本忠,姜在兴,高凤珍. 河南泌阳凹陷古近系核桃园组核二段沉积体系[J]. 古地学报, 2002, (4)2: 31- 37.
- [2] 李思田,等. 论沉积盆地的等时地层和基本建造单元[J]. 沉积学报, 1992, 10(4): 11- 21.
- [3] 游俊,郑浚茂,王德发. 陆相层序地层学应用中几个问题的讨论[J]. 石油实验地质, 1999, 21(2): 104- 109.
- [4] 沈守文,彭大钧,颜其彬,等. 层序地层学预测隐蔽油气藏的原理和方法[J]. 地球科学, 2000, 21(3): 300- 305.
- [5] 陈文学,姜在兴,鲜本忠,等. 层序地层学与隐蔽油藏预测——以河南泌阳凹陷为例[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 115- 120.
- [6] 郑小武,袁士义,穆龙新,等. 三维可视化技术及其在层序地层分析中的应用[J]. 石油实验地质, 2001, 23(1): 103- 107.
- [7] 鲜本忠,姜在兴,操应长,等. 泌阳凹陷东南部下切谷的发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 304- 308.
- [8] 林雄,田景春. 非构造油气藏国内外研究现状及发展方向[J]. 岩相古地理, 1998, 18(4): 63- 70.

(下转第 402 页)

19(3): 201- 209.

[11] 肖蔚. 苏北溱潼凹陷台兴油田储层非均质性研究[J]. 石油

[10] 戴启德, 黄玉杰. 油田开发地质学[M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1999. 291- 302.

实验地质, 2002, 24(6): 223- 226.

STUDY ON THE BRAIDED-RIVER SEDIMENTATION AND RESERVOIR HETEROGENEITY OF DUANLIUBO OILFIELD IN DAGANG AREA

HOU Jiagen, JIAO Qiaoping, XIN Huangang, WANG Xiurjuan

(Petroleum University, Dongying, Shandong 257061, China)

Abstract: The Zao₀ oil group in the Kong₁ Member of Duanliubo oilfield, Dagang area is braided-river deposit. By observing core and logging data, the characteristics of braided-river deposit in the area were analysed, braided-river sandbar, braided channel, braided-river branch, interchannel, natural levee and flood plain six sedimentary microfacies were divided, and the sedimentary and plane distributive characteristics of each microfacies were studied. As braided-river deposit has lower energy, fine lithology and multiple cyclicality, it shows stronger intrastratal and interstratal heterogeneity. The heterogeneity of reservoirs was mainly controlled by sedimentary microfacies on the plane. As braided-river facies changed rapidly, the plane heterogeneity of reservoirs in the area was stronger.

Key words: sedimentary microfacies; reservoir heterogeneity; braided river; Duanliubo oilfield; Dagang area

(continued from page 398)

APPLICATION OF SEQUENCE STRATIGRAPHY TO THE PREDICTON OF SUBTLE RESERVOIRS IN THE BIYANG DEPRESSION

ZHANG Ming-an^{1,2}, XIAN Benzhong³

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China;

2. Shengli Oilfield, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China; 3. School of Earth Resources

and Information, University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China)

Abstract: Sequence stratigraphy provides an effective theory and method for studying subtle reservoirs existing in strata. The distribution of oil and gas is mainly controlled by surfaces of sequence, i. e. sequence boundary (SB), first flooding surface (FFS) and maximum flooding surface (MFS). The FFS is the most important control factor, and the range of the distribution of subtle reservoirs in the lowstand system tract (LST) is greatly controlled by the range of effective enclosing of the first flooding mudstones for oil and gas. A method for forecasting subtle reservoirs, "four confirmations and one integration", is put forward on the basis of sequence stratigraphy and sedimentation, and five subtle reservoirs are summarized in the end. Among the five types, the reservoir formed by the "faults cutting sausage" and sealed by FFS mudstone is always occurred in LST and is strictly controlled by FFS, and the onlap reservoir and the unconformity reservoir are developed in transgressive system tract (TST) and highstand system tract (HST) respectively and both have close relationship with SB. The lithologic reservoirs are developed in various different system tracts.

Key words: sequence stratigraphy; subtle reservoir; the Hetaoyuan Formation; the Biyang Depression