

成油体系中的层序地层学

陈开远 孙爱霞 杜宁平

(中国地质大学石油系, 湖北武汉 430074)

成油体系是油气勘探地质研究进程中一个特定阶段的研究目标和任务, 侧重于解剖一个有效生油凹陷与其油气聚集间的成因关系; 但层序地层学的飞速发展, 使它已渗入到石油勘探的各个阶段中。层序地层学导出的岩性、岩相研究已成为生储盖特征研究的主要内容之一, 层序地层格架的建立更为圈闭形成和油气运聚过程研究提供了重要的地层对比与沉积演化资料, 而在初露端倪的高分辨率成油体系(成藏动力学)研究中, 高分辨率层序地层学研究提供从小层对比、物性分析, 到油水动态分布研究等一系列重要基础资料, 因此, 在成油体系分析中, 层序地层学扮演着一个举足轻重的角色。以两个陆相盆地的勘探实例, 讨论了成油体系分析中层序地层学研究的重要性。

关键词 层序地层学 成油体系 沉积体系 储层预测

第一作者简介 陈开远 男 42 岁 教授 层序地层与地震油藏描述

1 基本原理与概念

1.1 成油体系的基本概念

依据 Magoon^[1]的定义, 成油体系是油气勘探地质研究进程之中一个特定阶段的研究目标和任务。与沉积盆地、油气聚集带和油气探区等阶段的勘探研究一样, 都需要较好地了解油气成因和聚集过程, 只是工作的侧重点有所不同。沉积盆地阶段强调沉积岩层的地层层序和构造样式, 成油体系研究侧重于解剖一个有效生油凹陷与其形成的油气聚集间的成因关系; 油气聚集带的研究则描述一系列现今圈闭所具有的相似地质特性; 油气探区研究则是描述当今发育的单个圈闭。

成油体系包括一个有效生油凹陷和与油气有关的一切, 它包括油气聚集发育所需要的全部基本要素和地质作用。其基本要素包括生油岩、储集层、封堵层和上覆区域盖层四个基本要素; 地质作用则包括圈闭形成和油气的生成→运移→聚集两大基本作用, 最终落实为一个关键时刻——油气藏形成的时间。

成油体系有一定的地层发育、地理分布和地质年代范围。它的命名兼有生油岩和主要储集岩的名称, 并同时表示出其确定性级别——已知、预测、或推断。最有效描述成油体系的古地理、地层和地质年代演化的四图一表包括: 确定成油体系关键时刻和年代的埋藏史图, 绘出关键时刻的成油体系平面展布图和横剖面图, 概括成油体系形成的事件图和一个与油气聚集

2 3 不整合展布与地层形态研究

由不整合的发育展布而推断地层的形态、确定构造带位置、构造带发育与生油凹陷的关系,进而确立一系列的构造圈闭和非构造圈闭的可能发育部位,确定圈闭与周边各层段的岩性组合关系。通过这些研究,可望对圈闭的类型和形成,以及封堵层的发育情况有一较客观的了解。以图 1 为例,三叠系以下并没有大型区域不整合,二叠系并未像以往所想象的那样完全消失于 B 井左右两侧的凹陷中。虽然上乌尔禾组有一定的削蚀,但下乌尔禾组或相当的层段仍越过 B 井隆起而相互连通。这说明盆地内的二叠系是自西向东逐步发育的,盆地东西部的二叠系是一个有机的整体,而不应依据岩性或岩相上的某些差异将它们割裂开来。B 井的钻探结果亦证实该层位为一套未变质的海陆交互-海相沉积,不应划入下伏火山岩系。

2 4 区域岩相研究

年代地层框架内,由不整合类型而确立的层序类型明确地提示了体系域的配置特点及其展布情况,由此可以提出有利储集相带类型及展布区域,指出油气富集的可能层位或岩石相带,为油气运移通道研究提供辅助资料,最终对储集层以及封堵层的发育部位有一较客观地了解。图 2 示一套 I 型层序, A 井钻遇该层序的顶部,为沙河街组三段上部层序。这套岩层岩性较细,只是代表沙河街组三段上部层序的水进体系域和高水位体系域,从地震反射特征来看,其下伏还有一系列的扇状沉积体,构成了低位体系域。因此, A 井下部将有十分发育的储集层系(图 2)。

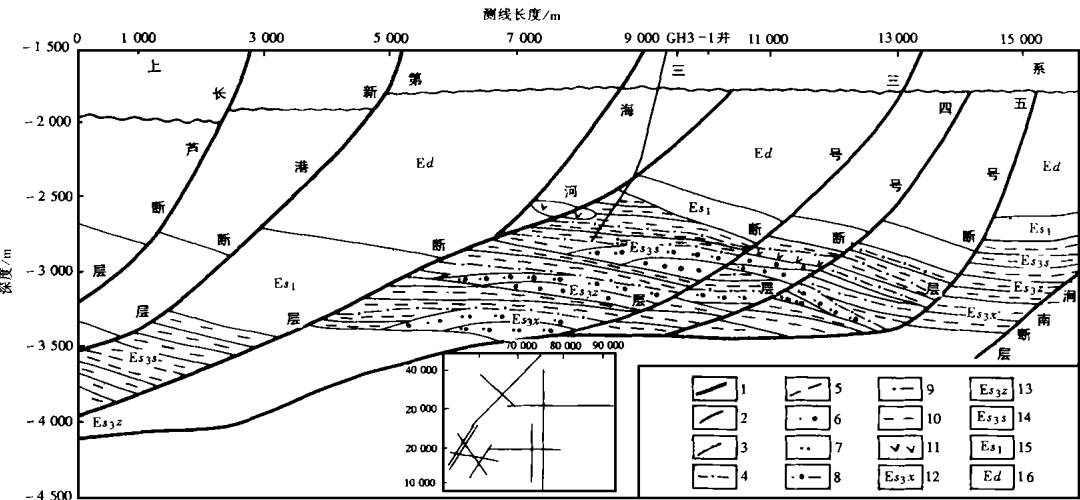


图 2 新港三维区某测线解释剖面图

1—主要断层; 2—次要断层; 3—层序界面; 4—体系域界面; 5—反射层界面; 6—砂砾岩; 7—砂岩或粉砂岩; 8—砂砾泥互层; 9—砂泥互层; 10—泥页岩; 11—火成岩; 12—沙河街组三段下亚段; 13—沙河街组三段中亚段; 14—沙河街组三段上亚段; 15—沙河街组一、二段; 16—东营组

2 5 生油凹陷与复合密集段研究

当体系域的配置与发育确定之后,就可以推断出层序内部密集段的发育部位和展布情况,再综合石油地质背景资料,即可确定出潜在的生油凹陷的位置和范围,指出潜在的生油层段部位,确立母源岩区分布范围与年代特征,最终为成油体系分析提供生油凹陷与源岩的基础资料。根据渤海湾盆地滩海某区的区域层序地层学分析,该区位于生油门限之下的唯一层段是

沙河街组三段复合层序,其复合密集段——沙河街组三段下部层序的泥岩是区内的主力烃源层,从其视厚度等值线图可知,A井南北两侧均有较发育的沙河街组三段下部,位于生油凹陷的夹持之中,其含油气远景相对较好,这也是A井能够成为该区第一口发现井的主要原因之一。

2.6 盆地发育历史分析

完成层序地层研究后,对沉积盆地生储盖组合的配置与发育就有一较客观的了解。对盆地目的层的时空位置,储集层与封堵层的品质与数量,生油凹陷与源岩,盖层发育特征,圈闭与区域不整合发育特征,盆地火山活动与其它热流事件,盆地隆升活动特征等资料有较深入了解之后,便可较全面地了解盆地诸多石油地质因素的时空配置条件、油气运聚过程和油气藏的形成过程,从而可以正确地进行成油体系的确定与命名。

3 高分辨率层序地层学与成油体系

3.1 高分辨率层序地层学

高分辨率层序地层学要求精细地划分出各种级别的不整合,以便由此划分出各种级别的层序。划分的不整合越精细,其层序划分则越多,但其精度却相应有所降低,层序的分布范围也有所减小。因此,不整合和层序的划分并非愈精细愈好,必须依据实际资料的种类和品质适当提高层序地层分析的精度。

高分辨率层序地层学研究大致包括如下内容:(1)利用高频层序进行小层对比,这可以解决油气藏的地层追踪与油源对比问题;(2)研究高频层序内各级准层序或准层序组的叠置模式,进行油气圈闭中目的层的生储盖组合分析,较准确地标定含油气层;(3)准层序单元的岩性、岩相研究,有助于进行准确地砂层对比、建立正确的开发方案和作出可行的注水效果分析;(4)在准层序单元内,精细的地震速度分析可以为含油气层的异常压力、封堵条件与储集物性特征研究提供准确的原始资料,一是可对油气藏内地层压力与流体的展布作出较客观的评价,二是可以预测目的层内储集物性的分布特征。

高分辨率层序地层学研究的最终成果主要是高频层序剖面。一般说来,常规的地震剖面品质难以达到高分辨率层序地层学研究的要求,因而多基于钻井资料进行高分辨率层序地层研究,编制钻井层序地层剖面。

3.2 高分辨率层序地层学与成油体系的关系

高分辨率层序地层学与成油体系的关系主要表现在如下方面:(1)沉积微相研究可对源岩的展布特征与运移通道作出较准确的判断;(2)由砂层对比而导出的砂层连通性分析,可对储集层的储集物性与储层展布特征进行预测;(3)精细速度分析可对地层序列中异常压力的分布形态与封存箱的发育情况作出判断,有助于圈闭评价与封堵条件研究;(4)高频层序或准层序的划分与对比,可对较小尺度上的生储盖组合分析提供非常有用的资料,由此可推断油气成藏机理——成藏动力学,最终导出高分辨率成油体系单元的确定与命名。

根据 Davies 等人^[4]在爱尔兰的研究,除伽马总量测井外,使用伽马能谱在识别层序地层关键界面和体系域中,可以保证更大的精度和把握。其方法为:(1)最大的洪泛面可通过它们的相关的铀峰(大于 6×10^{-6})和低钍/钾比(小于 2.5)加以鉴别;(2)剥蚀不整合和下切谷充填有低伽马总数和高而易变的钍/钾比(大于 6)特征;(3)河道间的层序边缘可以使用低钾(小于 0.4%)和异常高的钍/钾比率(大于 17)的能谱特征加以鉴别。为解决渤海湾盆地滩海某区的

高频层序划分, 我们引入上述测井层序地层学研究方法, 以提高层序地层学研究的精度。图 3 是渤海湾盆地 A 井的高频层序剖面, 示该井所揭露沙河街组三段伽马能谱侧井的高分辨率层序地层解释成果。沙河街组三段复合层序顶部不整合(3 640 m, 图 3)之下, 仅揭示了成油体系上半部。引入高分辨率层序地层解释成果来看, 该井沙河街组三段已基本构成一个较完整的高频成油体系(高分辨率成油体系), 4 200~ 4 300 m 的铀含量峰值显示为母源岩层, 3 800~ 4 000 m 井段的低伽马段构成储集层系, 形成一个自生自储的成油体系。但是, 由于沙河街组三段是区内唯一的主力烃源层, 因此从区域来看, 整个沙河街组应统归入一个较高级别的成油体系之中。

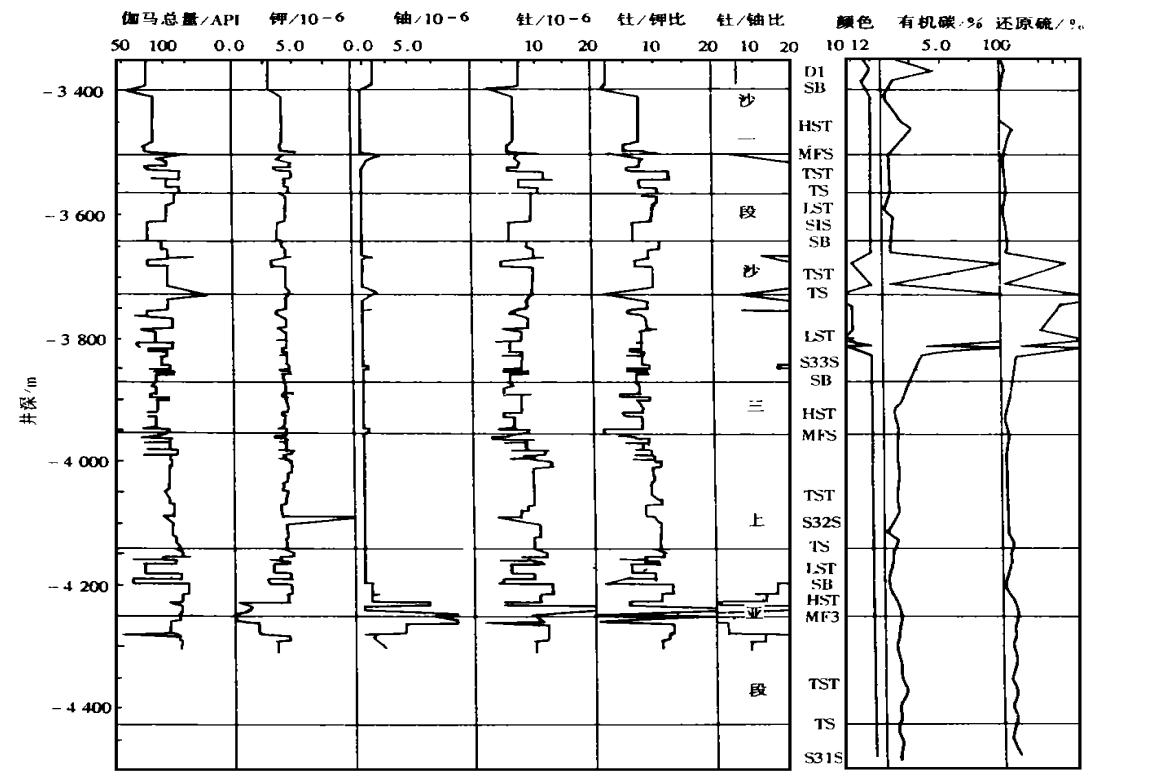


图3 A井伽马能谱测井沙河街组三段层序地层解释剖面图

4 结论

由前述可知, 无论从区域地层发育的角度, 还是从高频旋回的角度来看, 层序地层学与成油体系有着十分密切的关系, 其主要表现在如下几点:

(1) 层序地层学是成油体系分析中的一项重要手段和方法, 层序地层学所致力 的地层沉积特征研究涉及到成油体系研究中的各个部分。

(2) 层序地层学研究可为成油体系分析带来许多新思路与新方法。层序发育的深入研究, 可使研究人员对成油体系各个组成单元的岩性成分有所了解, 更重要的是可以了解各地层单元间的成因关系。

(3) 成油体系作为一种新型的勘探研究思路与方法, 必须注意加强层序地层研究, 以便较

客观地了解各个地层单元的岩性、岩相组成与成因关系。

参 考 文 献

- 1 Magoon L B, Dow W G. The petroleum system. Memoir AAPG, 1994, 60: 3~ 24
- 2 van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum R M, et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. Soc Econ Paleontologists and Mineralogists Spec Pub, 1988, 42: 39~ 45
- 3 陈开远, 马立祥, 张二华. 成油体系中的储盖条件分析, 见: 费琪, 范士芝, 梅廉夫, 等编. 成油体系与模拟. 武汉: 中国地质大学出版社, 1977. 78~ 84, 100~ 103
- 4 Davies S J, Elliott T. Spectral gamma ray characterization of high resolution sequence stratigraphy: examples from Upper Carboniferous fluvio-deltaic systems, County Clare, Ireland. Geological Society Special Publication, 1996, 104: 25~ 36

SEQUENCE STRATIGRAPHY IN OIL-FORMING SYSTEM

Chen Kaiyuan Sun Aixia Du Ningping

(*Department of Petroleum, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei*)

Abstract

Oil-forming system is a specific phase of petroleum geology, which emphasizes the analysis of the genetic relation between effective hydrocarbon sag and hydrocarbon accumulation. The rapid development of sequence stratigraphy has led to the application of sequence stratigraphy to various stages of hydrocarbon exploration. The lithologic and lithofacies study derived from sequence stratigraphy has become one of the most important parts in studying the property of oil generation, reservoiring and sealing covering. The framework of sequence stratigraphy provides significant information of strata correlation and sedimentary development for trap forming and hydrocarbon migration and accumulation. In the study of newly developed high-resolution petroleum system, high resolution sequence stratigraphy can provide a series of important basic parameters such as bed correlation, reservoir physical analysis, the dynamic analysis of oil, gas and water. Sequence stratigraphy play an important role in petroleum system.