层序地层学在隐蔽油气藏勘探中的应用*

徐维胜
(中国地质大学, 北京 100083)

摘 要: 目前国内外都非常重视隐蔽油气藏的勘探, 中国隐蔽油气藏勘探前景广阔, 已经成为中国油气储量增长的重要方向。可以按隐蔽油气藏判别的难度、隐蔽方式、油气富集动力学机制等对其进行分类。"隐蔽油气藏"是据圈闭的隐蔽性和油气藏寻找的难易程度提出来的, 随着勘探技术和勘探理论的发展, 隐蔽油气藏的范围是不断变化的。岩性地层油气藏在目前仍是隐蔽油气藏勘探的主体, 而隐蔽油气藏是各类以非构造为主的圈闭类型的一种通俗表达, 层序地层学属于成因地层学的范畴, 它刻画了沉积体在三维空间上的展布特征和叠置关系, 为隐蔽圈闭的识别提供一种有效的方法。油气藏的分布与层序地层中的体系域类型有一定的关系。除少数盆地外, 大多数油气藏都赋存于低水位体系域中, 而与低水位体系域有关的油气藏多数是地层、岩性油气藏。因此开展层序地层学研究是寻找地层岩性油气藏的有效方法。

关键词: 层序地层学; 隐蔽圈闭; 高分辨率层序地层学; 沉积体系域; 可容空间; 海平面; 地层圈闭; 隐蔽油气藏

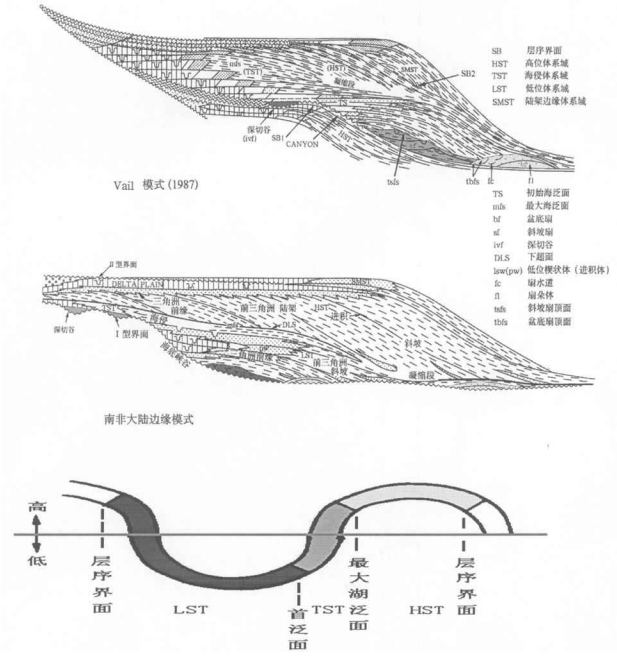


图 1 沉积体系域以及相对海(湖)平面示意图

层序地层学是研究一套由不整合面(剥蚀面或无沉积面)及其相应整合面所限定的、重复出现并有成因联系的年代地层格架内岩层间相互关系的一门科学(V anW agoner 等, 1988)。其研究目的就是重塑一个旋回式的在成因上有联系的年代地层格架及在这一地层格架中沉积体系的时空分布规律。一个沉积层序代表了一个完整的沉积旋回, 其顶、底边界均为侵蚀不整合面。层序有一个最大发育时段, 用相关的整合面到分界的不整合面来度量。因此, 层序的发育时段可由控制可容空间产生和消亡的事件, 即构造沉降和全球海平面变化来确定。海进体系域是最大和初始海泛面之间的的体系域, 以一个或多个退积式准层序组为特征。高水位体系域是最大海泛面之上的体系域并以从加积式准层序组到一个或多个具有前积准层序组为特征。沉积体系域与海(湖)平面的对应关系见图1。没有发生海平面相对下降, 发育陆架边缘、海进和高位体系域。一般而言, 一个完整的三级层序确实含有4 个结构部分, 但从可操作性、实际勘探意义、普及性及命名的优先律等方面来看, 本文更趋向于三分, 即分为低位体系域、水进体系域和高位体系域。

隐蔽油气藏的相关基本概念和类型划分:

总的说来, 可以根据隐蔽圈闭的不同含义归纳总结为 3 种概念: 第一种为广义的地层圈闭(stratigraphic trap), 包括地层圈闭(狭义)、不整合、古地貌圈闭和岩性圈闭; 第二种是为了与构造圈闭相区分而提出来的非构造圈闭(nonstructural trap), 指所有的非构造成因所形成的圈闭类型, 包括岩性圈闭油气藏、地层圈闭油气藏、混合型圈闭油气藏和水动力圈闭油气藏四大类; 第三种隐蔽圈闭(subtle trap)是指用目前普遍采用的勘探方法难以圈定其位置的圈闭, 包括地层岩性型、古地貌型和不整合型油气藏。综合国内外的研究, 并根据圈闭的形

* 收稿日期: 2008- 02- 15

成机理将隐蔽圈闭做以下分类

表 1　圈闭形成机理及隐蔽圈闭类型划分

圈闭类型: 7 类	主要圈闭机理: 18 种
侧向相变圈闭	Lateral facies change
侧向沉积尖灭圈闭	Lateral depositional pinchout Clastic macroform
不整合削截与超覆圈闭	Regional subcrop Paleostructural subcrop Truncation edge Onlap onto regional unconformity Onlap onto structural flank unconformity
河道- - 下切谷充填圈闭	Channel- fill Valley- fill Canyon- fill
成岩圈闭	Dolomitizatioan dissolution cementation Tar seal
裂缝圈闭	fracturing Coalbed methane adsorption
毛细管力圈闭	Hydrodynamic Basin- center gas

1　层序地层学在隐蔽油气藏勘探中的应用

层序地层学理论的出现是由于地震野外数据采集质量的提高, 使原来的地震构造成像变为成因地层成像, 从而可以直接在地震剖面上进行等时地层划分与对比, 层序地层学的思想精华表现为综合露头、钻井、测井和地震资料进行地层层序叠置样式研究。生物地层技术和同位素测年技术的发展提供了准确进行层序内部不同级别界面年代标定的可能, 为最终建立绝对地质时间的等时层序地层格架起着至关重要的作用。层序地层学分析在隐蔽油气藏勘探中发挥了重要作用, 特别是在储层预测与地层、岩性圈闭识别方面提供了一种新的分析方法。层序地层学在隐蔽油气藏勘探中的最大价值在于预测隐蔽圈闭的有利区带。以层序地层学的理论、方法为基点, 通过建立等时层序格架, 研究盆地沉积体系的空间展布特征和演化规律、生油相带、储集相带的展布、隐蔽圈闭发育的有利区带和层位预测, 结合盆地的构造演化史、热史、油气成藏条件分析, 综合高分辨测井层序、地震层序、地震相和反射波属性等的分析, 是目前解决隐蔽油气藏勘探问题的最佳途径。层序地层学应用于中国湖相盆地研究沉积体系、有利储集相带和隐蔽圈闭分布与总结油气富集特点方面, 已做了大量的工作。

高分辨率层序地层学(high resolution sequence stratigraphy)的发展引起了人们的广泛关注并取得了显著的进展。在含油气盆地分析中, 层序地层学从盆地规模的地震地层学不断向储层规模的高分辨率层序地层和储集体分布预测的方向深化, 以满足减小日益增加的隐蔽油气藏的勘探风险、优选开发方案及剩余油分布预测等的需要。高分辨率层序地层学是以露头、岩心、测井及高分辨地震资料的结合分析为基础的。近年来大量的研究表明, 高分辨率层序地层学的概念和理论可有效地应用于地下地质的研究, 为精细的地层对比、沉积相和储层特高分辨率地震资料的采集和处理水平的提高而迅速发展的高分辨率层序地层学已成为油气勘探领域中最重要的一个发展方向。高分辨率层序地层学通过合理、精确地建立高分辨率等时层序地层格架和岩相格架, 客观地重建和预测等时地层格架内的体系域和沉积体系的分布, 尤其是通过地震反射终止和界面的精细识别、追踪和对比沉积体系及重要的沉积体在三维空间上的配置关系及其内部构成的精细研究, 进而达到更有效地预测储层的空间展布和储盖组合的目的。

目前在三维地震资料的基础上采用了变速成图、地震相干分析、时频分析、振幅强化、波阻抗反演、三维可视化、时间切片、亮点技术、AVO 技术及多属性联合解释等等, 这些技术都成为钻前锁定目标和隐蔽油气藏勘探有力的辅助工具, 地层学原理预测隐蔽油气藏的流程如图 2 所示:

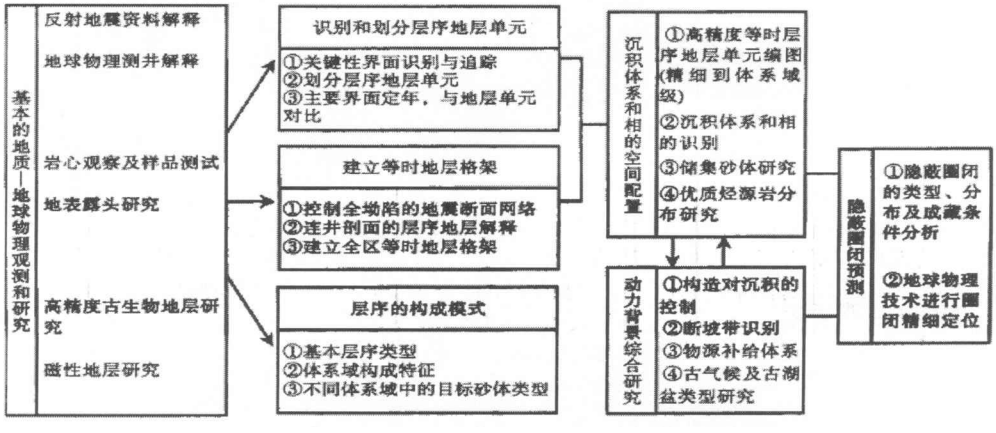


图 2　隐蔽圈闭预测的层序地层学研究框架

2 层序地层学在隐蔽油气藏勘探中的应用实例

近些年来, 运用高精度层序地层学在东营凹陷北陡坡发现了坨71、坨719 层序低位扇、低位楔含油砂体, 在车镇凹陷北陡坡发现了车57 低位扇含油砂体, 在惠民凹陷发现了夏502 低位楔含油砂体。如坨719 含油砂体, 发育在SS A 层序东营凹陷陡坡断阶状构造坡折带西段。

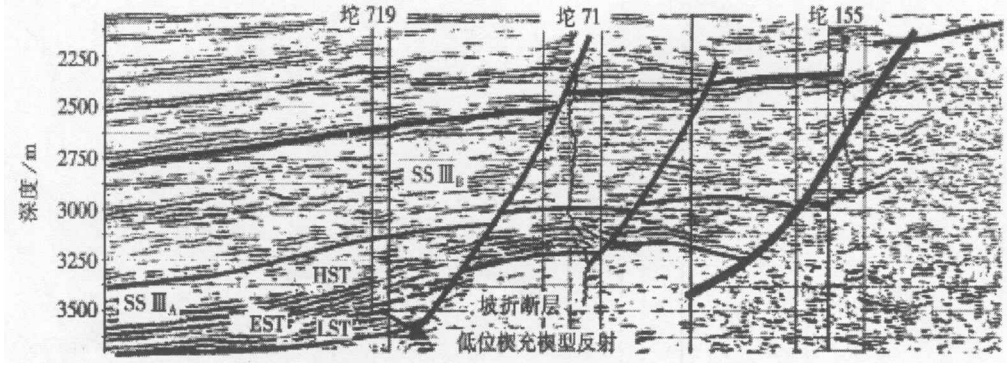


图3 坨719 低位楔含油砂体地震反射特征

在高分辨率地震剖面上, 该砂体为楔状反射, 分布在代表湖扩展体系域深湖相泥岩的强振幅低速连续反射同相轴之下及坡折断层的下降盘上(图3)。经钻井证实, 该楔型反射代表的砂体发育在深湖相泥岩和油页岩之下及坡折断层的下降盘上, 其岩性为含角砾的细砾岩、含砾砂岩和砂岩构成的反旋回, 为扇三角洲前缘的碎屑流和水下分流河道沉积。其孔隙度为8%～10%, 渗透率约为32×10^{-3}μm^2。此类低位楔含油砂体成藏条件优越, 其顶部覆盖SS A 湖扩展体系或高效烃源岩。底部通过层序界面与SS B 层序优质烃源岩接触。其油气藏的空间成因组合表现为构造坡折带下部为扇三角洲—浊积扇岩性油气藏, 高位体系域见三角洲滑塌浊积体油藏。油气主要来自其顶部SS A 层序高效烃源岩和其下部SS A 烃源岩。油气运聚的输导体系和封堵因素主要为构造坡折断层和层序界面。由于该砂体处于盆地地层流体高压囊的北部边缘, 这些构造坡折断层为地层内高压含烃流体幕式排烃的主要部位。地层流体高压囊存在的流体压裂、幕式排烃机理及这些断层可能发生的"单向阀"排油机理都非常有利于北陡坡低位域砂岩成藏。

[参考文献]

[1] 陈荣书等. 关于"隐秘圈闭(油气藏)"的早期概念[J]. 石油与天然气地质, 1984, 5(3): 300～301.

[2] Michel T. Halbouty 编, 刘民中等译. 寻找隐蔽油藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 1988.

[3] 徐怀大, 王世凤, 陈开远编著. 地震地层学解释基础. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990, 28～35.

[4] 胡见义等. 非构造油气藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 1986.

[5] 朱世新. 向斜中油气藏圈闭条件的探讨[J]. 石油实验地质, 1985, 7(3): 212～216.

[6] 徐怀大. 寻找非构造油气藏的新思路. 勘探家. 北京: 石油工业出版社, 1996, (1): 43～47.

[7] 王建荣等. 油气藏的水力学圈闭勘探法[J]. 石油实验地质, 1996, 18(2): 190～193.

[8] 刘振武. 油气层损害及其对石油勘探开发效益的影响[J]. 新疆石油地质, 1987, 8(3): 43～51.

[9] 纪友亮, 张世奇等. 陆相断陷盆地层序地层学(第一版). 北京: 石油工业出版社, 44.

[10] Henry W Posamentier, Paul Weimer. Siliciclastic se- quence stratigraphy and petroleum geology- where to from here [J] AAPG Bulletin, 1993, 77(5): 731～742.

[11] Van Wagoner, Mitchum J C, Campion R M, et al. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops[J]. AAPG, 1990(7): 55～57.

[12] Van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum R M, Vail P R, Sarg J f, Loutit T S, Hardenbol J. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definition. In: Wilgus C K et al. Ed. Sea - level changes: an integrated approach. SEPM Spec. Pub., 1988, 42, 39～45.