

文章编号: 0253-9985(2009)05-0626-09

深水断陷盆地层序地层分析与岩性—地层油气藏预测 ——以中国南海 C 盆地深水区古近系 T 组为例

陈欢庆¹, 朱筱敏², 董艳蕾², 李 烨², 廖飞燕²

(1. 中国石油天然气股份有限公司 勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249)

摘要: 依据 Vail 经典层序地层学理论, 充分结合多井浅水区和无井深水区地质、地球物理资料, 提出浅水区钻井资料与深水区地震资料井—震结合验证对比的思路, 对中国南海 C 盆地深水区古近系 T 组进行层序地层精细划分。结果表明, 该思路可成功解决深水区地层—地震资料品质差、无井资料、断层复杂、高温高压造成地层破碎层序界面不明显、追踪对比困难等难题, 建立研究区目的层三维等时层序地层格架。研究中将 T 组划分为 4 个三级层序, 并在等时层序地层格架内识别出辫状河三角洲、扇三角洲、下切谷、盆底扇、浊积扇、滩坝及滨岸砂 7 种沉积砂体类型。这些特征砂体与广泛分布的海侵体系域泥岩在空间上形成单断式、多断式和斜坡式 3 种成藏模式, 形成了众多的岩性—地层油气藏。

关键词: 地震相; 成藏模式; 层序地层; 岩性—地层油气藏; 深水区; 断陷盆地

中图分类号: TE121.3; TE122.3 文献标识码: A

Sequence stratigraphy analysis and lithologic-stratigraphic reservoir prediction in deepwater faulted basins — an example from the Paleogene T Formation of the deepwater C Basin in South China Sea

Chen Huanqing¹, Zhu Xiaomin², Dong Yanlei², Li Ye², Liao Feiyan²(1. PetroChina Exploration and Development Research Institute, Beijing 100083, China; 2. State Key Laboratory of
Hydrocarbon Resources and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Guided by Vail's classical theory of sequence stratigraphy, the authors proposed to finely divide the Paleogene T Formation of the deepwater C Basin in South China Sea by tying wells in the shallow water area to the seismic sections in deepwater area. The results show that the proposed method works effectively in dealing with such problems as poor seismic data quality, lack of well data, complexities of faults, vague sequence boundaries caused by high temperature and high pressure, difficulties in stratigraphic tracing and correlation, and so on. By using the method, the authors also established fine three-dimensional isochronous stratigraphic sequence framework of the study area, divided the T Formation into four third-order sequences, and recognized seven kinds of sandbodies: braided deltas, fan deltas, incised valley, basin floor fan, turbidite fan, beach bar and shore sands. These sandbodies together with widely distributed mudstones of TST formed many lithologic-stratigraphic reservoirs in three kinds of accumulation mode: single fault, multiple fault and slope.

Key words: seismic facies; reservoiring mode; sequence stratigraphy; lithologic-stratigraphic reservoir; deep-water area; faulted basin

收稿日期: 2009-08-12

第一作者简介: 陈欢庆 (1979-) 男, 博士后, 层序地层学和沉积地质学。

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (2006CB202306)。

20世纪80年代中期以来,随着技术的进步和世界各国对能源需求的不断增长,以及陆上和海上浅水区油气田发现难度的增大,油气勘探的方向逐渐转向了深水区。目前,除已形成的3个深水勘探的热点地区(西非、南美巴西的坎波斯盆地和墨西哥湾)外,大西洋两岸的挪威、英国、加拿大、摩洛哥、毛里塔尼亚、纳米比亚、南非和阿根廷,地中海沿岸的埃及、以色列及土耳其,亚太地区的印度、澳大利亚、新西兰、印尼等国家都在积极开展深水勘探或开发活动^[1~3]。我国海域面积广阔,但深水领域的油气勘探刚刚起步,研究程度还很低^[3~5]。2006年,哈斯基公司在中国南海的荔湾3—1—1深水探井有良好的天然气发现,预计天然气储量 $1\,000\times 10^8\text{ m}^3$ 以上。这一发现揭示了我国南海深水油气勘探的巨大潜力^[6]。目前,国内外关于深水区的理解不尽相同。本文所指的深水区是指现今水深大于300 m的地区。等时地层格架的建立是在深水区进行油气勘探,特别是隐蔽岩性—地层油气藏预测的重要基础和手段,因此对深水区进行地层序地层学研究就显得尤为重要。

1 C盆地深水区古近系T组地质概况

C盆地位于南海北部大陆架上,呈北东向延伸,属于陆内裂谷盆地。盆地深水区的形成和发育分为断陷期、坳陷期等多个构造演化阶段。盆地内断裂构造非常发育,目前共发现十多条主干断层。深水区位于盆地南侧,面积约 $3\times 10^4\text{ km}^2$,水深300~1 500 m。区内主要分布有S₁、L₂、S_{B1}、B₂等多个凹陷及Z凸起和Y隆起,各凹陷走向为北东—南西向。T组沉积属盆地断陷期,构造样式有半地堑和地堑两种类型,且以后者为主。C盆地在断陷期沉积了S统、Y₁组和T组3套地层。其中,T组自20世纪末发现某大气田以来一直是C盆地天然气勘探的主要目标层位之一^[7,8],也是本次研究的目的层,其顶、底界分别为SB₄和SB₀,沉积厚度最大可达3 400 m。C盆地地震资料多为老资料,以二维为主,且品质较差,无井资料。同时,由于断陷盆地断层复杂,断层两盘地层纵向位移,有些地区高温、高压的存在导致地层破

碎,这些都使得该区层序地层界面的追踪对比变得十分困难。

2 深水断陷盆地层序地层精细划分的思路

根据上述C盆地深水区地质特征和实际困难,借鉴我国目前相对比较成熟的对东部等陆相断陷盆地及华南海相地层层序地层学和沉积学研究的经验^[9~11],本次研究中提出采用盆地北部浅水区单井层序分析与盆地南部深水区地震层序分析相结合、相互验证对比的研究思路。具体而言,就是在深水区首先选择品质相对较好的地震剖面,组成联井基干测线网^[12,13],从凹陷中部地层厚度较大且断层不太发育的位置识别层序界面,然后向凹陷边部对比追踪。同时,在浅水区选择关键井资料,通过井上岩心、测井、录井等资料,进行单井层序划分。接着,通过品质相对较好的过井地震剖面及联井基干测线网引向深水区,与深水区地震层序划分结果相对比,相互印证,最终实现全区层序精细对比。在进行地震层序分析和单井层序分析之前,应该详细研究区域地质背景,提取断层发育位置、发育状况、沉积发育史等信息,为地震层序分析和单井层序分析提供有力的地质约束(图1)。



图 1 深水断陷盆地层序地层划分流程

Fig. 1 Flow chart of sequence stratigraphic division in deepwater faulted basins

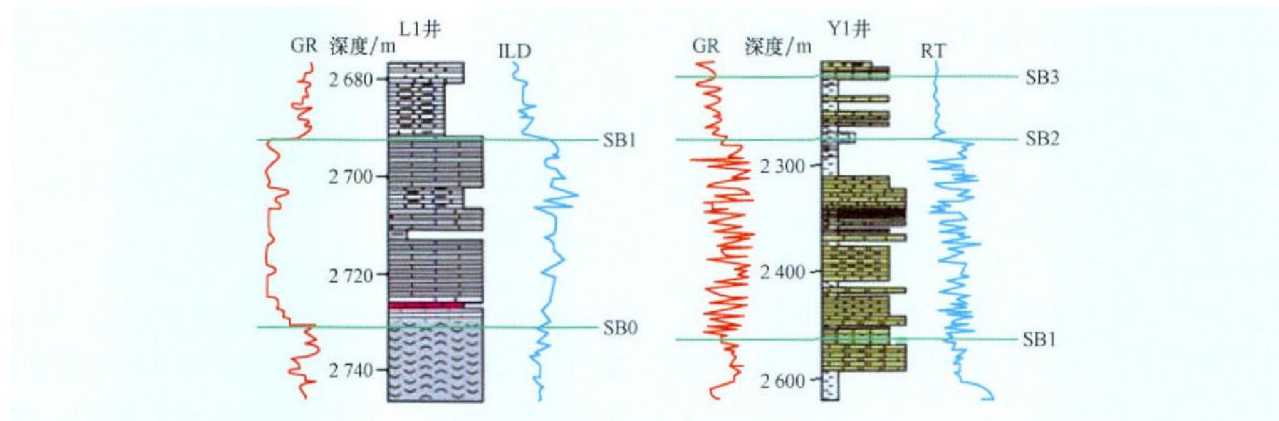


图 2 C盆地浅水区井上层序边界岩—电特征

Fig. 2 Lithological and electric properties of sequence boundaries in wells in the shallow water area of the C Basin

GR. 自然伽马; ILD. 深感应电阻率; RT. 深侧向电阻率

3 深水断陷盆地层序地层分析技术

3.1 单井层序分析

在进行单井层序划分时, 首先应该正确选择要划分的井^[12]。单井层序划分时的选井原则是: ①所选择井要位于研究区或邻区; ②所选择井要通过品质相对较好的、可以通过联井基于测线网对比至深水区的地震剖面; ③所选择井地层尽量齐全, 地层缺失现象不能太严重; ④所选择井层序界面岩性和电性特征明显, 易于对比。在单井层序划分过程中, 井上层序界面的准确识别是问题的关键^[14]。层序界面主要表现测井曲线上的电性突变(图 2)、岩心上的下切谷充填底砾岩、冲刷面及岩性突变界面(图 3)等特殊界面突变特征、沉积构造特征等。本次单井层序划分所选择的井位于浅水区, 井上层序地层划分的结果由于剥蚀、沉积

厚度不等以及过井地震剖面时一深转化误差等原因导致与地震层序划分结果不太一致, 这一点在以后的井—震结合层序分析相互印证时应予以重视。单井层序划分只是地震层序划分的有力辅助手段, 除非有精确的古生物标志, 应杜绝用钻井岩性分层标定地震层序边界的做法。

3.2 地震层序分析

地震层序界面的反射中止类型包括上超、下超(上超和下超合称底超)、顶超、削蚀和整一等, 因为层序界面可以在地震剖面上很好反映(图 4), 所以地震层序划分就成为层序地层分析最为重要的手段之一。与测井层序分析类似, 层序界面在地震剖面上的准确识别也是地震层序分析的关键^[12 13 15]。在地震层序分析时, 应该坚持以下原则: ①坚持以不整合面划分层序界面, 除非有精确的古生物、古地磁和同位素绝对年龄资料, 应杜绝用钻井岩性分层标定层序界面的作法; ②在构造复杂的断陷盆地, 缺乏区域地震标志层时, 可参考本区或邻区钻井沉积旋回特征划分层序; ③在断层发育区, 可参考大套地层的反射波动力学特征划分层序^[12]。在进行地震层序划分时, 首先应在联井基于测线网上选择靠近盆地或凹陷中央地层厚度较大且远离断层的地方识别层序界面, 然后再向盆地或凹陷边部对比。在选择基于测线时, 应该选择尽量能控制研究区范围的、质量较好的地震剖面。同时, 如果研究区有井, 应保证基于测线上的地震剖面过井; 如果研究区没有井, 应保证邻区的过井剖面与基于剖面相交并可以对比。分析时, 应始终坚持以不整合面对比层序界面的原则。由于断层的错断, 层序界面在横向上连续

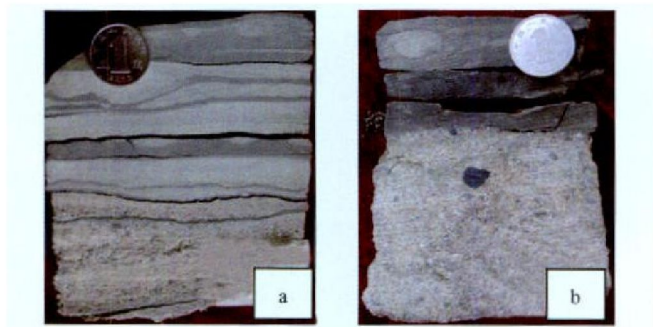


图 3 C盆地浅水区开发井钻井岩心层序地层界面岩性突变特征

Fig. 3 Abrupt change of lithological properties of sequence boundaries observed in cores of the development wells in the shallow water area of the C Basin

a. A1井, 3 637.39~3 637.48 m; b. A2井, 3 873.28~3 873.34 m

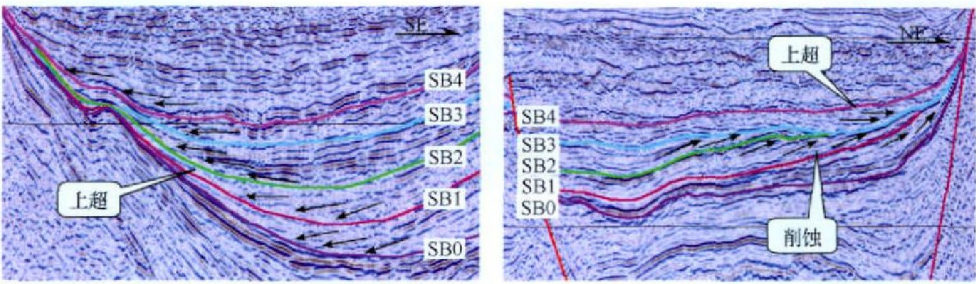


图 4 C盆地 T组层序界面地震反射特征

Fig. 4 Seismic reflectance signatures on the sequence boundaries of the T Formation in the C Basin

性很差, 断层两盘很难追踪, 对比中应以层序界面特征的同向轴反射特征为主, 参考不同层序厚度变化规律, 实现层序界面的准确追踪。对比中首先应选择研究区目的层在全区特征明显、易于追踪的层序界面进行追踪, 建立大的层序格架; 然后再以此为依据, 结合不同层序沉积厚度规律, 识别其他较难识别的层序界面。

3.3 井—震结合层序精细划分

上已述及, 在层序划分过程中, 如果单纯依靠

钻井岩性分层进行, 将会导致串层的严重错误 (除非有精确的古生物资料); 而单纯依靠地震资料, 也很难实现层位的准确标定。在研究中, 首先应该对研究区的地质背景进行了解, 主要包括盆地凹陷结构及其演化、盆地地层演化等; 然后结合浅水区过地震剖面取心井的岩性、电性特征, 进行岩—电关系分析及沉积旋回划分, 将其与地震剖面对比验证, 确定单井层序地层界面, 再将单井层序划分结果进行井—震相互验证; 最后, 通过联井基于测线网推广至全区。井—震结合层序划分 (图 5)

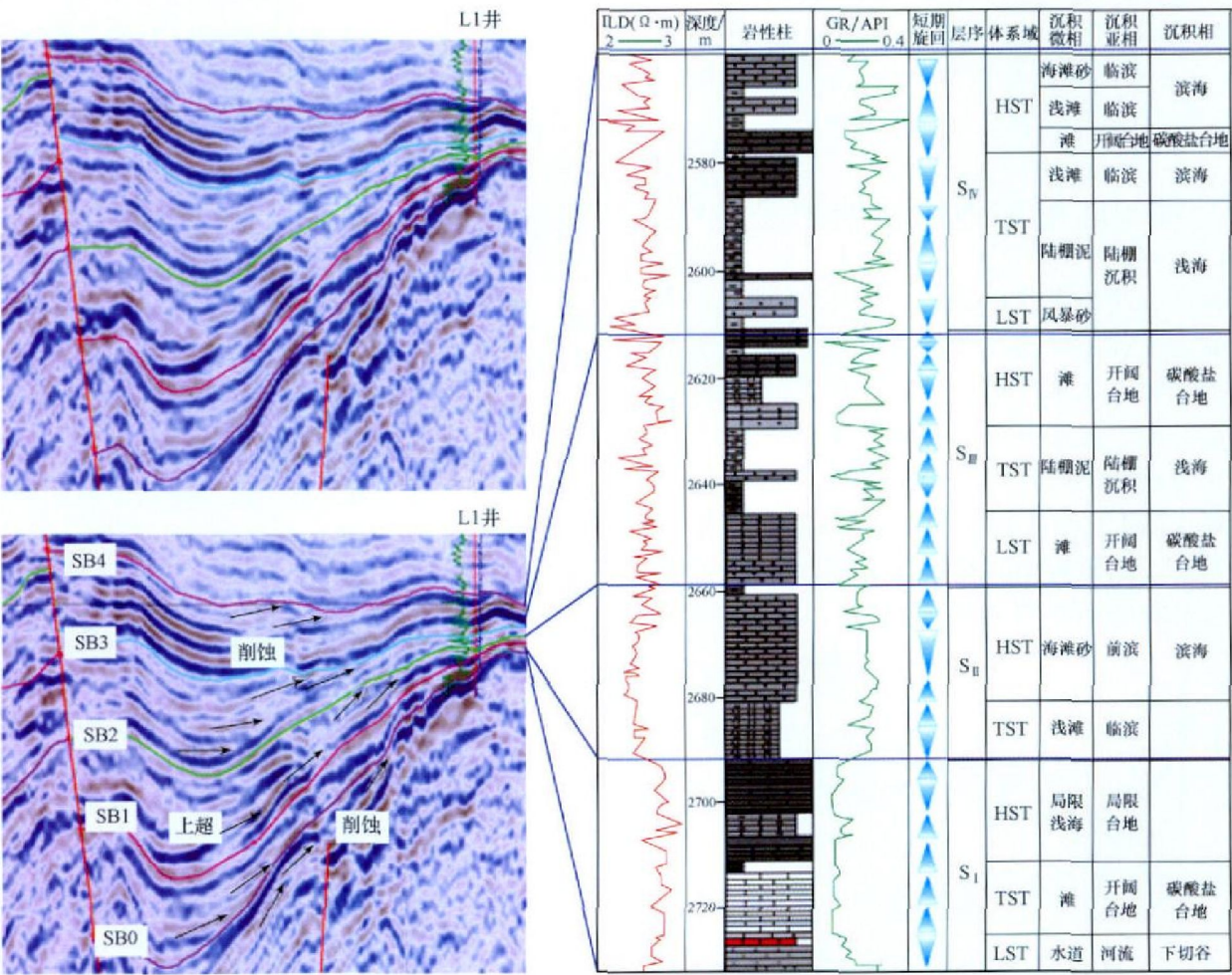


图 5 C盆地 T组井—震结合层序划分

Fig. 5 Sequence division of the T Formation in the C Basin by tying wells to seismic sections

过程使得单井岩—电资料与地震资料相互印证,做到了地震层序所属的年代地层单元与测井资料划分的岩性单元的有机统一,可以实现层序地层的精细划分,建立研究区目的层三维等时层序地层格架。对于研究区目的层C盆地深水区T组而言,因为只有二维地震资料而无井资料,因此将深水区地震资料与临区浅水区井资料有机结合、相互验证对比就显得更为重要。由于井资料可以实现对地震资料的准确标定,因此从某种意义上而言,井—震结合的成败直接关系着本次层序划分的准确性。

在井—震结合层序研究过程中,会出现井资料划分层序结果与地震资料不一致的情况,分析其原因主要是资料精度及两者划分层序的依据不同所致。地震地层学主要依据不整合反映的不整合现象;而钻井划分层序受化石带精度限制,主要依据岩性和电性组合来进行,但这种局部不整合上、下往往并无显著的岩—电变化,所以井资料的岩—电划分层序往往会错过不整合。地震层序是年代地层单元,岩—电分层一般是岩性—地层单元,它们的性质一般是不相容的。由于在该组缺乏标准化石,因此当两种细分层序的方法出现无法解决的矛盾时,研究中选择以地震资料为主。

4 三维等时层序地层格架的建立

根据上述的研究思路和流程,以近两年来品质较好的地震测线组成骨架测线网,然后通过过井地震剖面与浅水区地层较齐全的井的对比,先分别进行地震层序分析和单井层序分析,然后将井层序分析结果与地震层序分析结果相结合,最终实现了研究区层序地层精细划分(图6)。在研究中坚持以不整合面划分层序界面,在划分出区域广泛分布的SB0和SB4界面后,又根据只要在

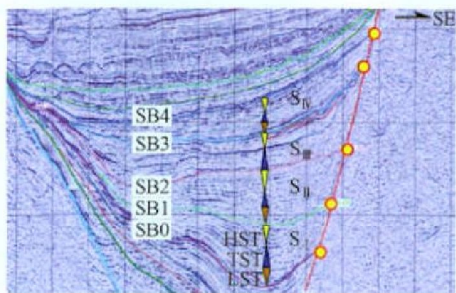


图6 C盆地B2凹陷T组层序地层划分结果
Fig. 6 Sequence division of the T Formation
in the B2 Sag of the C Basin

盆地中有一个凹陷可以细分层序、且可以细分层序的范围超过凹陷面积一半就可以细分的原则,又识别出SB1、SB2和SB3界面,将目的层细分为4个层序,真正实现了层序精细划分。该层序划分经W8等井古生物、地层年代及其他多信息验证,结果良好。

在三级层序内部,根据初次海泛面与最大海泛面在地震剖面上的特征反射结构,本次研究中又将其分别划分为低位体系域、海侵体系域和高位体系域等,使得层序划分的结果更加精细,同时也验证了将T组4分层序的正确性。不同三级层序内部基准面旋回识别的主要依据包括:①分布较为广泛的区域不整合面;②滨岸上超向下的迁移或沉积相垂向组合的突变;③自然伽马或感应测井曲线量值的突变;④地震反射中止关系的出现或大套地震反射波动学、几何学特征的变化等。由于资料条件的限制,上述特征在实际划分过程中并非每处都出现,而是有所偏重,应综合考虑。基准面上升半旋回主要是水体逐渐加深过程所形成,而基准面下降半旋回主要是水体逐渐变浅的过程。对于基准面下降半旋回的识别,侧重于河道冲刷现象及边界面的削蚀现象等。

研究发现,C盆地古近系T组层序界面在靠近盆地或凹陷的中心多为平行不整合或整合接触关系,在盆地边部或凹陷边部多为角度不整合接触关系。各层序的厚度在盆地或凹陷的中央部位与盆地或凹陷的边部差异较大。在盆地或凹陷的中心,地层齐全,厚度较大;在盆地或凹陷的边部,地层逐渐尖灭,这主要是差异沉降作用、局部隆升剥蚀作用以及盆地发育过程中或后期断陷等作用所致。在凸起或其他构造高部位,由于剥蚀或者无沉积作用,地层可能缺失,导致厚度减薄。同时,局部多个凹中隆和隆中洼的存在,更加剧了层序界面及层序厚度在三维空间上的变化。

5 层序地层格架内岩性—地层油气藏的预测

莱复生(1936)^[16]提出了地层圈闭的概念,并发表了题为“地层型油田”的论文。项华等(2006)^[17]运用层序地层学方法,对渤海海域古近系不整合面参与油气输导的隐蔽油气藏成藏特征

进行研究发现,岩性地层油气藏的成藏与层序地层格架密切相关,层序界面上的不整合面与基底风化壳、碳酸盐岩台地滩坝、河道砂岩、浊积砂岩及下切河谷充填等储集体系有效配置,形成了该区目的层众多的隐蔽油气藏。本次研究以 Vail 经典的层序地层学理论为指导,通过建立等时层序地层格架并进行地震相和沉积相分析,发现在各层序不同体系域发育的特征沉积砂体可以形成众多规模各异的岩性—地层油气藏。其中,层序界面——不整合面上、下是低位体系域和高位体系域储层最发育的部位,从而是寻找有利储层以及油气优势运移通道的重要线索;不整合面上、下又是地层超覆和削蚀最集中的位置,是寻找岩性—地

层圈闭的重要线索。层序内部包含的 3 个体系域能很好地反映沉积相的差别,为生、储、盖组合建立了一个很好的具有预测性的地层框架^[18]。

5.1 沉积相类型特征

由于钻井资料的缺乏,对于深水区沉积相的研究,主要根据地震资料进行地震相分析然后转化成沉积相来完成(图 7)。在地震相转化为沉积相的过程中,充分参考了浅水区钻井岩心地质特征(图 8)。研究发现,盆地深水区 T 组主要发育丘状、前积、透镜状、楔状等特殊地震相和席状等一般地震相,分别指示盆底扇、浊积扇、辫状河三角洲、扇三角洲以及滨海、浅海等沉积环境。

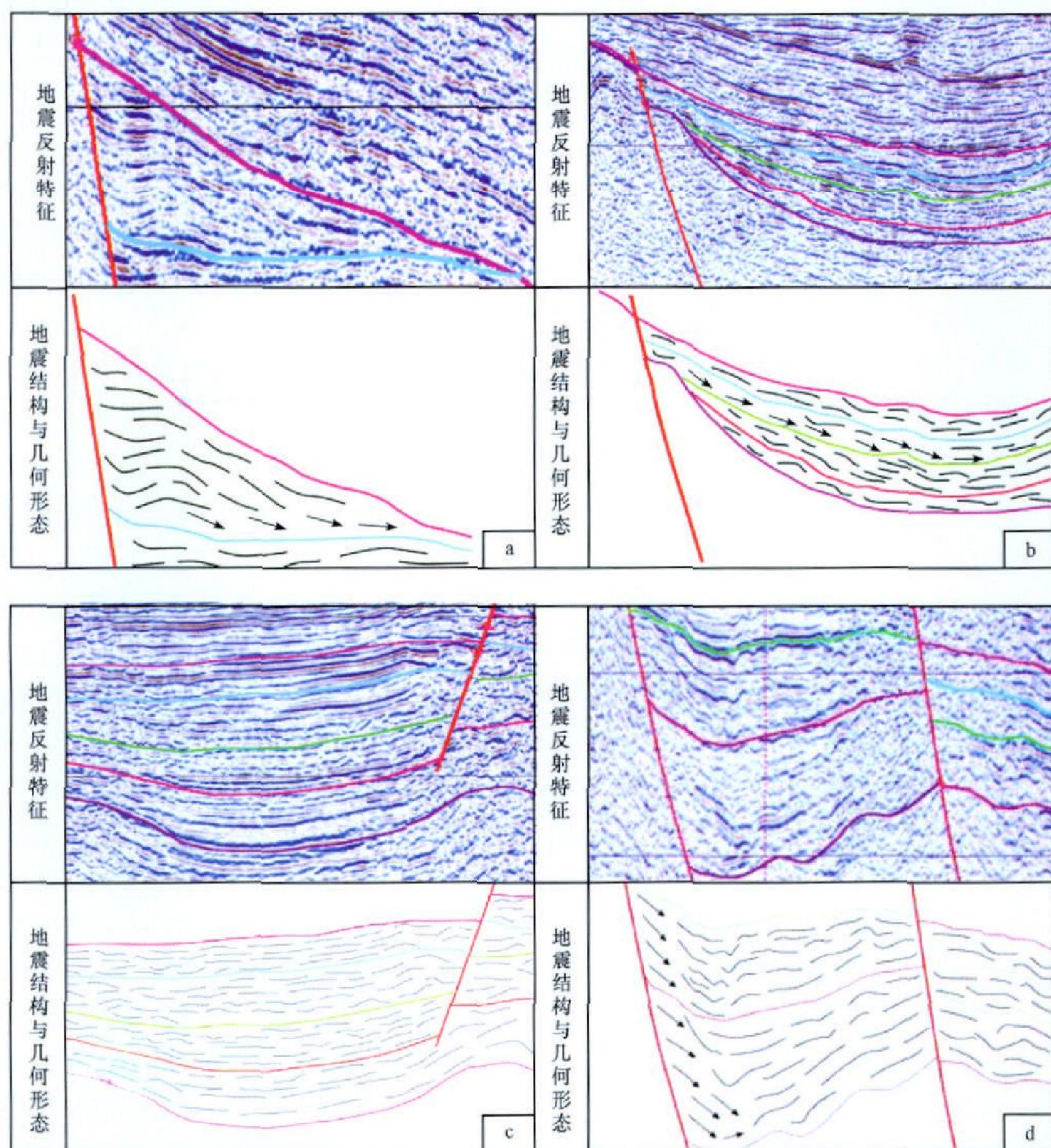


图 7 地震反射结构与沉积相类型的对应关系

Fig. 7 Correlation of reflection configuration with sedimentary facies

- a. S_{IV} 扇三角洲 (前积地震相); b. S_{III} 辫状河三角洲 (楔状地震相);
c. S_{II} , S_{III} 浅海、滨海 (中—弱振幅连乱岗席状地震相); d. S_I , S_{II} 扇三角洲 (楔状地震相)

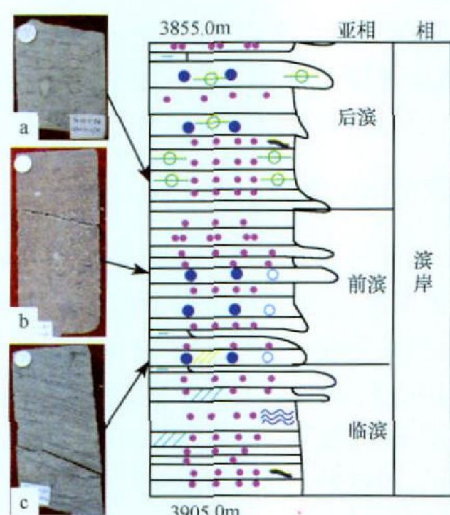


图 8 A2井 S_1 滨岸相岩性序列特征

Fig. 8 Lithology sequence features of S_1 shoreland facies from Well A2

- a. 后滨中砂岩, 虫孔、虫迹、生物扰动, 3 870.99 ~ 3 871.26 m;
 b. 前滨细砾岩, 油浸, 3 879.86 ~ 3 880.10 m;
 c. 前滨中砂岩, 大型板状交错层理, 3 889.28 ~ 3 889.49 m

5.2 成藏模式特征与岩性地层油气藏预测

研究区目的层为典型的滨海、浅海相断陷盆地沉积, 沉积期断层发育, 对沉积的控制作用明显; 同时, 受海平面变化的影响, 在不同层序的不同体系域发育不同类型的特征砂体沉积, 成为油气勘探的重要目标。前已述及, 前人对浅水区井资料的研究发现, T组为深水区的重要储层之一, 它与下伏 SH 统和 Y1 组烃源岩直接接触, 同时 T 组自身 (S_{II}) 也具有一定的生烃能力, S 组一段及 T 组为较好的盖层, 生储盖组合条件良好。盆地东部部分控凹断层和盆地中、西部连片发育的砂体及层序界面上发育的大范围分布的不整合面等是沟通烃源岩与储集层的重要桥梁, 可以成为有利的输导体系。因此, 本区具备形成大规模岩性—地层油气藏的基本地质条件。

从 4 个层序沉积体系发育特征来看, C 盆地深水区 T 组共发育辫状河三角洲、扇三角洲、下切谷、盆底扇、浊积扇、滩坝和滨岸砂等 7 种沉积砂体。这些典型的砂体沉积和烃源岩以及盖层之间组成了主断式、多断式和斜坡式 3 种典型的成藏模式 (图 9), 其中以多断式成藏模式为主。受盆地断陷期断层发育作用影响, 在 Y 隆起与 Z 凸起靠近控凹断层附近, 多发育扇三角洲、斜坡扇和浊积扇等沉积; 同时, 在靠近深水区南、北边缘滨海相范围内, 发育滩

坝砂体, 虽然厚度不是很大, 但是砂体连片, 连通性好; 下切谷和辫状河三角洲在研究区北部可见, 但分布面积很有限。从层序地层角度而言, 在各层序高位体系域发育的辫状河三角洲、扇三角洲和低位体系域发育的下切谷、斜坡扇、盆底扇和浊积扇以及海侵体系域发育的滩坝等处是有利砂体的发育区域, 而海侵体系域广泛分布的泥岩则是有利的烃源岩。有利的砂体与海相泥岩在时空上有效配置, 可以形成众多的隐蔽岩性—地层油气藏, 从而预示着本区具有巨大的油气勘探潜力。

6 结论

1) 在无井、地震资料品质较差的、断层复杂的深水区, 结合断层发育史、沉积发育史、邻区单井沉积旋回特征和大套地层反射波动力学特征, 运用邻区钻井资料和本区地震资料井—震标定、相互验证的研究思路划分层序, 可以很好解决断层两盘地层破碎、层序界面不明显和难以准确追踪对比的困难。

2) 在 C 盆地深水区 T 组地震剖面和浅水区井资料上, 可以同时识别出 SB4, SB3, SB2, SB1, SB0 5 个层序界面。通过这些界面的井—震对比验证, 将 T 组自下而上划分为 S_I , S_{II} , S_{III} 和 S_{IV} 4 个三级层序, 建立研究区目的层等时层序地层格架。各层序界面在靠近盆地或凹陷的中心多为平行不整合或整合接触关系, 在盆地边部或凹陷边部多为角度不整合接触关系。各层序的厚度在靠近盆地或凹陷中心与盆地或凹陷边部差异较大。在盆地或凹陷的中心, 地层齐全, 厚度较大; 在盆地或凹陷的边部, 地层逐渐尖灭, 这主要是差异沉降作用、局部隆升剥蚀作用以及盆地发育过程中或后期断陷作用所致。在凸起或其他构造高部位, 由于剥蚀或无沉积作用, 地层可能缺失, 导致厚度减薄。同时, 局部多个凹中隆和隆中洼的存在, 更加剧了层序界面及层序厚度在三维空间上的变化。

3) C 盆地深水区 T 组共发育辫状河三角洲、扇三角洲、滩坝、下切谷、浊积扇、盆底扇和滨岸砂 7 种沉积砂体类型。在各层序高位体系域发育的辫状河 (扇) 三角洲和低位体系域发育的下切谷、盆底扇和浊积扇以及海侵体系域发育的滩坝和滨岸砂等处是有利的砂体发育区域, 而海侵体系域广泛分布的海相泥岩则是有利的烃源岩。这些有利的砂体沉积与烃源岩和盖层在空间上主要发育

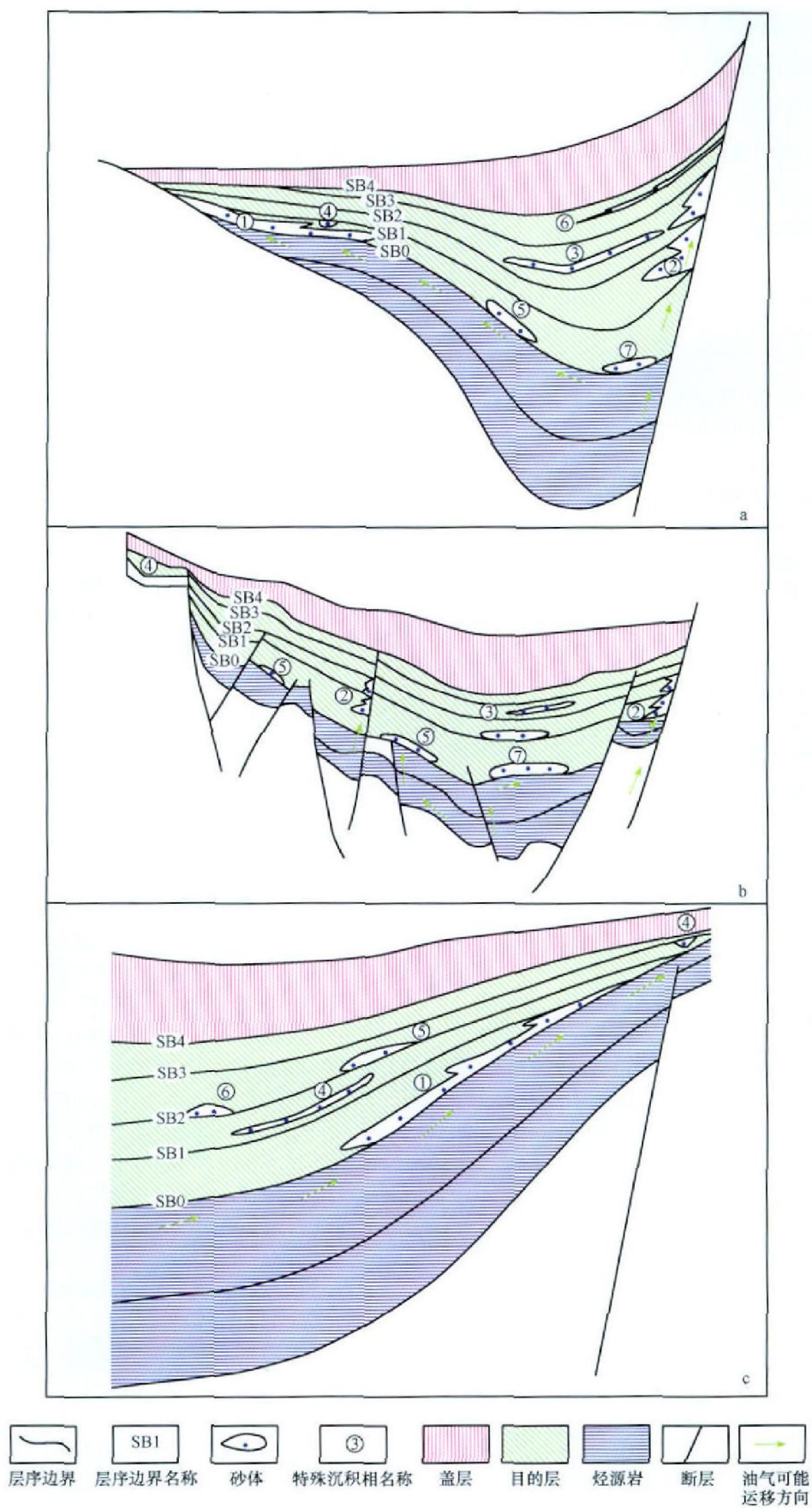


图 9 C盆地深水区 T组油气成藏模式

Fig 9 Hydrocarbon pooling pattern of the T Formation in the deepwater C Basin

a 主断式成藏模式; b. 多断式成藏模式; c. 斜坡式成藏模式

① 三角洲; ② 扇三角洲; ③ 滩坝; ④ 下切谷; ⑤ 浊积扇; ⑥ 滨岸砂; ⑦ 盆底扇

主断式、多断式和斜坡式 3 种成藏模式, 可以形成众多的岩性—地层油气藏, 从而预示着本区具有巨大的油气勘探潜力。

参 考 文 献

- 1 王春修. 国外深水油气勘探动态及经验 [J]. 中国海上油气 (地质), 2002, 16(2): 141~144
- 2 Loucks R G, Ruppel S C. Mississippian Barnett Shale lithofacies and depositional setting of a deep-water shale-gas succession in the Fort Worth Basin, Texas [J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(4): 579~601
- 3 金春爽, 乔德武, 姜春艳. 国内外深水油气勘探新进展 [J]. 海洋地质动态, 2003, 19(10): 20~23
- 4 Henry S R, Paul W. Deepwater remains immature frontier offshore the new prospecting targets of northern continental Margin of South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 62(10): 48~50
- 5 张功成, 米立军, 吴时国. 深水区——南海北部大陆边缘盆地油气勘探新领域 [J]. 石油学报, 2007, 28(2): 15~21
- 6 戴金星, 胡安平, 杨春, 等. 中国天然气勘探及其地质理论的主要新进展 [J]. 天然气工业, 2006, 26(12): 1~5
- 7 陈斯忠, 宋建民, 陈伟煌. 对海上找气的思考 [J]. 中国海上油气 (地质), 2003, 17(3): 153~159
- 8 龚再升. 中国近海大油气田 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 1~198

- 9 石世革. 黄骅坳陷板桥凹陷古近系沙一段中部层序地层学研究及岩性油气藏勘探 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 320~325
- 10 赵贤正, 卢学军, 王权. 华北油田地层—岩性油藏勘探发现与启示 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 597~604
- 11 陈洪德, 倪新锋, 田景春, 等. 华南海相下组合层序地层格架与油气勘探 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(3): 370~377
- 12 张万选, 张厚福, 曾洪流, 等. 陆相地震地层学 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1993. 1~43
- 13 孙家振, 李兰斌. 地震地质综合解释教程 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2002. 21~140
- 14 焦翠华, 王海更, 牛玉杰, 等. 塔里木盆地哈得 4 油田东河砂岩层序地层界面类型及测井识别方法 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(1): 69~76
- 15 朱筱敏. 层序地层学 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 2000. 1~38, 108~203
- 16 Leverson A I. Stratigraphic versus structural accumulation [J]. AAPG Bulletin, 1936, 20(1): 521~530
- 17 项华, 徐长贵. 渤海海域古近系隐蔽油气藏层序地层学特征 [J]. 石油学报, 2006, 27(2): 11~15
- 18 王英民. 对层序地层学工业化应用中层序分级混乱问题的探讨 [J]. 岩性油气藏, 2007, 19(1): 9~15

(编辑 李 军)

(上接第 588 页)

5 结 论

1) 晚三叠世大巴山前陆盆地初始沉降, 在大巴山前缘的达县—万源之间开始出现一个次级沉积中心; 早—中侏罗世早期, 前陆盆地沉积中心东移到大巴山前缘, 具有两个沉积中心; 中侏罗世中、晚期, 两个沉积中心向大巴山一侧北移; 晚侏罗世两个沉积中心分别向东、西两侧迁移, 东、西分异明显。

2) 大巴山前陆盆地主要具有西北部及东南部两个方向物源。晚三叠世时, 北部的大巴山物源占主导地位; 侏罗纪时, 东南部物源增强, 反映了大巴山前陆盆地前隆的持续向北生长、前渊向北迁移的前陆盆地发展过程。

3) 晚三叠世为大巴山前陆盆地初始沉降期, 中侏罗世中、晚期为大巴山前陆盆地强烈沉降期。

参 考 文 献

- 1 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪, 等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学特征 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, 33(12): 1121~1135
- 2 张国伟, 孟庆任, 于在平, 等. 秦岭造山带的造山过程及其动力学

学特征 [J]. 中国科学 (D 辑), 1996, 26: 193~200

- 3 刘树根, 罗志立, 赵锡魁, 等. 中国西部盆山系统的耦合关系及其动力学模式——以龙门山构造带—川西前陆盆地系统为例 [J]. 地质学报, 2003, 77(2): 177~186
- 4 刘少峰. 东秦岭—大别山及邻区盆山结构、耦合机制与动力学 [D]. 陕西西安: 西北大学, 1997. 160
- 5 刘树根, 李智武, 刘顺, 等. 大巴山前陆盆地—冲断带的形成演化 [M]. 北京: 地质出版社, 2006. 248
- 6 汪泽成, 赵文智, 张林, 等. 四川盆地构造层序与天然气勘探 [M]. 北京: 地质出版社, 2002. 287
- 7 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉, 等. 四川盆地形成与演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1996. 200
- 8 谢继容, 李国辉, 唐大海. 四川盆地上三叠统须家河组物源供给体系分析 [J]. 天然气勘探与开发, 2006, 29(4): 1~3
- 9 何明喜, 杜建波, 曹建康, 等. 大别—苏鲁造山带南缘前陆盆地演化特征 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 675~681
- 10 李华启, 姜在兴, 邢焕清, 等. 四川盆地西部上三叠统须家河组二段风暴岩沉积特征 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 81~86
- 11 郑荣才, 叶泰然, 翟文亮, 等. 川西坳陷上三叠统须家河组砂体分布预测 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 405~411
- 12 纪友亮, 安爱琴, 朱如凯. 陆相前陆盆地层序结构特征研究 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(2): 237~243

(编辑 高 岩)