

文章编号: 1000-0747(2003)06-0068-04

覆盖区碳酸盐岩层序界面的识别

——以川北下三叠统飞仙关组为例

魏国齐¹, 陈更生², 杨威¹, 杨雨², 胡明毅³,张林¹, 吴世祥¹, 金惠¹, 沈珏红¹

(1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院; 2. 中国石油西南油气田分公司; 3. 江汉石油学院)

摘要: 覆盖区碳酸盐岩地层层序界面的识别很困难, 可以综合应用地震、测井、岩心和野外露头等多方面的资料识别层序界面。界面识别时, 应从识别野外露头的界面出发, 综合应用地震资料, 在沉积相研究的基础上, 应用岩心、录井和测井等资料综合分析, 划分层序界面, 并用相邻井互相约束、彼此修正。层序界面的划分对油气勘探有重大意义, 可预测川北地区下三叠统飞仙关组台缘鲕滩储集层的分布。图7参7

关键词: 层序界面; 碳酸盐岩; 覆盖区; 台缘鲕滩

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

相对于碎屑岩层序, 覆盖区的碳酸盐岩层序界面识别难度较大, 主要原因是: ①碳酸盐岩主要由不稳定矿物组成, 易溶、易转换, 成岩作用特征常常叠加在沉积特征上, 改变了地层的原始沉积特征; ②测井曲线对碳酸盐岩的反应不如对碎屑岩明显, 不能简单根据测井曲线来判断相对海平面的变化。近几年四川盆地北部地区下三叠统飞仙关组鲕滩相储集层天然气勘探取得重大突破^[1]。在进行飞仙关组层序地层研究过程中, 发现相对海平面的变化形成一系列反映层序界面特征的地质和地球物理标志, 可用于确定层序界面。

1 川北地区飞仙关组发育概况

川北地区下三叠统飞仙关组下伏上二叠统长兴组(或大隆组), 上覆下三叠统嘉陵江组。飞仙关组主要由深灰色、灰色薄—中层状含泥质、泥质灰岩、鲕粒灰岩、鲕粒白云岩、藻纹层白云岩和石膏等组成, 厚约400~750m, 属于典型的盆地(海槽)-台地沉积体系^[2-4], 较符合威尔逊相模式^[5]。从开江—梁平海槽向东西两侧, 沉积相的展布依次为盆地相→斜坡相→台缘鲕滩相→开阔台地相→局限台地相→蒸发台地相(见图1)。天然气储集层主要为台缘鲕滩相的鲕粒

白云岩, 进行层序地层学研究的目的是预测飞仙关组台缘鲕滩的分布和迁移规律。

2 界面标志

2.1 地震标志

地震剖面上可以识别出以不整合面及与之可对比的整合面为界的地震反射单元, 其内部反射相对整齐, 层序边界的主要识别标志是地震反射终止方式, 并兼顾地震内部反射结构(见图2)。



图2 层序I 海侵体系域的上超反射特征(CDB89-058 测线)

层序及体系域由层序边界、最大海泛面及初始海泛面区分。研究区内密集段主要由泥微晶灰岩、泥灰岩、暗色泥页岩组成, 横向分布稳定, 在地震剖面上表现为中—低振幅、连续性差—较好的一组反射同相轴, 斜坡带可见明显的地层上超现象。初始海泛面在深水区域不容易识别, 研究区内飞仙关组几个层序的初始海泛面在钻井剖面上对应鲕粒灰(云)岩与灰岩的转换面, 在地震剖面上对应一个中—弱振幅、连续性较好的同相轴。最大海泛面是水进体系域的顶界, 也是上覆高位体系域的下超面, 以由深水沉积的灰岩、泥灰岩组成的退积层序向颞

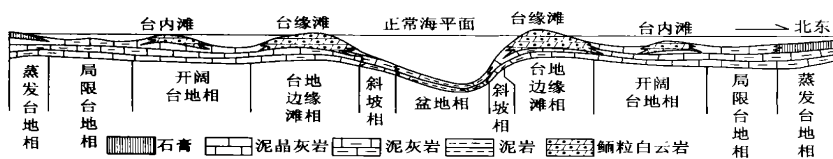


图1 川北飞仙关组沉积体系模式图

粒灰(云)岩组成的进积层序转换为特征。

II型层序界面形成于海平面短暂下降期, 识别标志不很显著。根据露头剖面、钻井、测井资料、地震反射特征, 飞仙关组内部识别出 2 个 II 型层序界面(见图 3): SA 是较大的 II 型层序界面, 大致位于飞三段内部, 是海平面相对快速上升超过台地碳酸盐的生产 and 堆积速率而产生的淹没不整合型沉积间断, 在钻井剖面上对应一套白云岩、含膏白云岩沉积(东岸)或泥岩、泥灰岩段(西岸), 在地震剖面上对应台地内一套退积反射层的顶面。相对于 SA 而言, SB 是飞仙关组顶部一个小型的与上覆嘉陵江组分界的层序界面, 在钻井剖面上对应一套浅色泥岩、膏岩、白云岩沉积(东岸)或白云岩、泥灰岩段(海槽及西岸), 在地震剖面上表现为嘉陵江组丘状反射或杂乱强振幅反射底部一个比较稳定的弱振幅、较连续的同相轴。II 型层序界面特征反映飞仙关组沉积期构造运动相对较弱, 由于碳酸盐产率高, 不断向上建造, 使可容纳空间减少, 形成退覆层序。

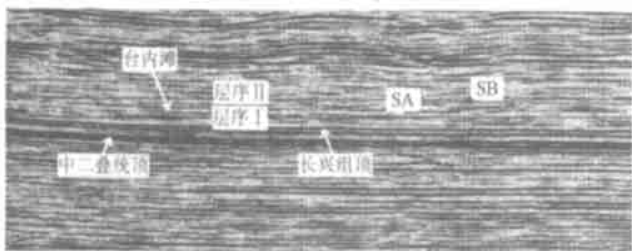


图 3 海槽以西地区飞仙关组的层序特征(CDB89-42 测线)

2.2 沉积标志

沉积标志主要表现在沉积间断面、沉积物空间堆积样式变化、沉积相的连续性等方面。

2.2.1 沉积间断面

研究区内局限台地相潮坪亚相沉积主要为一套紫红色泥岩、泥灰岩、白云岩, 石膏也较发育, 干裂构造和暴露后脱水收缩、角砾岩化等标志可以反映小的沉积间断面, 属典型的层序界面识别标志。如川东北云阳沙沱剖面上部、金珠 1 井等均见干裂、角砾岩化现象。

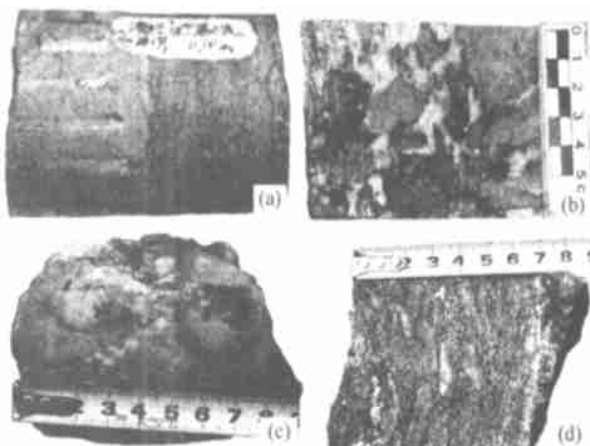
2.2.2 沉积物空间堆积样式的变化

沉积物内部空间堆积样式主要是进积、加积和退积。如果堆积样式发生变化, 如由进积过渡到退积, 说明相对海平面由下降转变为上升。研究区大部分地区缺少明显的暴露标志, 因此沉积物内部空间堆积样式是确定层序界面的重要依据。

2.2.3 沉积相的变化

碳酸盐沉积物对海平面变化非常敏感, 因此其相带变化实际反映相对海平面的升降。例如, 在开阔台地相带, 由浅滩亚相过渡到滩间海亚相反映相对海平

面上升, 由滩间海亚相过渡到浅滩亚相反映相对海平面下降。因此依据沉积相带的转变(见图 4a), 也可以识别划分层序界面。



(a) 渡 3 井, 4770.2m, 沉积相变化: 白云岩与鲕粒灰岩分界;
(b) 渡 3 井, 4304.9m, 暴露标志: 砾屑鲕粒白云岩;
(c) 罗家 5 井, 2983.4m, 暴露标志: 溶塌角砾岩;
(d) 渡 1 井, 4306.5m, 成岩标志: 淡水溶蚀作用

图 4 沉积、成岩作用标志岩心照片

2.3 成岩标志

研究区以碳酸盐台地相为主, 层序界面形成时期由于相对海平面下降, 水体变浅, 台缘滩相和浅滩亚相沉积局部露出水面, 不稳定的碳酸盐矿物极容易发生一些成岩变化。最常见的有淡水淋滤溶蚀和混合水白云石化作用, 在鲕粒内部形成粒内溶孔和鲕粒白云岩, 使高位体系域顶部形成规模不等的大气淡水透镜体及岩溶现象, 发育程度与暴露时间密切相关(见图 4b、c、d)。开江—梁平海槽东侧滩滩淡水溶蚀和混合水白云石化作用强烈, 这些标志亦可用于识别层序界面。

2.4 测井标志

自然伽马值与泥质含量密切相关, 而泥质含量又可以反映沉积相带的变化和相对海平面的升降, 因此可以将自然伽马值的变化作为识别层序边界的辅助性标志。研究区沉积相类型较多, 识别层序界面时必须根据不同的沉积背景, 区别对待自然伽马值的变化(见图 5)。

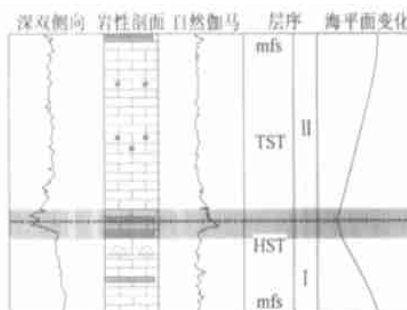


图 5 利用测井曲线识别层序界面

例如在深水斜坡—盆地相带中,泥质含量越多、灰质含量越少,水体应是加深,反映相对海平面上升;在开阔台地相带,滩间海亚相沉积比浅滩亚相沉积的泥质含量要高,因此该相带沉积的自然伽马值增大反映相对海平面上升;而局限台地相带沉积则相反,自然伽马值增大反映相对海平面下降,水体变浅。

3 层序划分

3.1 划分方法

①详细划分典型野外露头剖面的层序地层。通过对云阳沙沱、樊哙渡口实测剖面的研究,认为飞仙关组主要的层序界面有5个,划分为5个层序比较合理。飞仙关组的沉积年限为7Ma,这样每个层序发育的时间约为1~3Ma,初步认为属四级层序。

②识别和划分地震层序。根据上述地震标志和界面特征,可将飞仙关组划分为2个层序。每个层序的沉积年限为3~4Ma,可能代表三级层序。将划分的地震层序与露头层序地层对比,认为第一个三级层序可能相当于四级层序的I、II、III层序,第二个三级层序相当于四级层序的IV、V层序。

③划分探井层序地层。先对有地震剖面经过的典型井进行划分,通过观察岩心,发现沉积和成岩特征,识别取心段的层序界面;研究取心段层序界面与对应测井曲线的关系^[6,7],综合岩屑录井资料,判断未取心段的层序界面;参考典型露头层序界面的特征,综合判断,修正探井层序界面及最大海泛面,用井的合成记录在过井地震剖面上标定,判断界面识别的准确性,并进行修正。

④从已划分层序并经过地震层序对比的井向外扩展,研究与其相邻井的沉积、成岩、测井曲线以及岩屑录井等资料,识别层序界面,并与已划分层序井进行对比,修正界面划分,互相校正以达到统一。

3.2 典型井层序特征

以罗家2井为例。该井位于海槽东侧,地层发育齐全,飞仙关组厚352.5m,自下而上划分出5个四级层序(见图6)。

层序I厚120m,底部以深灰色含泥灰岩与长兴组顶部的褐灰色灰岩分界。海侵体系域为厚25m的含泥质灰岩、泥灰岩,是开阔台地相滩间海亚相沉积,顶部自然伽马最大值处对应最大海泛面。高位体系域厚95m,其下部为开阔台地相滩间海亚相泥晶、细粉晶灰岩,夹少量细粉晶灰质白云岩和浅滩亚相的细粉晶鲕粒灰岩,向上粒度变粗;中部为局限台地相细晶、细粉晶白云岩夹细粉晶鲕粒灰质白云岩、灰岩、溶孔鲕粒白

云岩、含砂屑灰质白云岩;上部为细粉晶—细晶鲕粒灰岩、鲕粒白云质灰岩、溶孔白云岩和粗粉晶白云岩。整体反映向上变浅变粗的沉积序列,自然伽马值逐渐变低,所反映的层序I顶界属于II型层序界面。

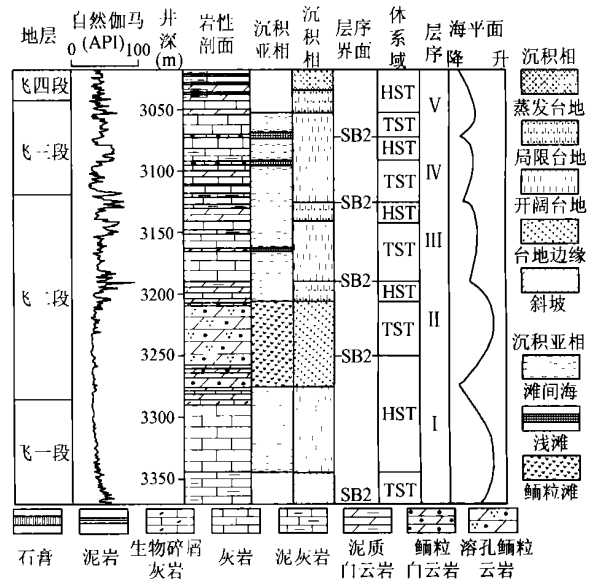


图6 罗家2井层序地层综合柱状图

层序II厚60m。海平面再次上升,海侵体系域是台地边缘滩相溶孔鲕粒云岩夹鲕粒白云岩、角砾灰质白云岩,以细晶结构为主,次为粗粉晶,自然伽马值略有增大。鲕粒白云岩顶部对应最大海泛面,高位体系域则为局限台地相的泥、粉晶白云岩、泥晶灰岩。顶部白云质泥岩构成层序II顶界。

层序III厚66.5m。海侵体系域整体为开阔台地相灰岩沉积,中上部发育4m厚的台内浅滩沉积,以顶部泥质灰岩为最大海泛面,之上是高位体系域的局限台地相泥灰岩、泥晶白云岩。以灰质泥岩作为层序顶界。

层序IV厚48m。海侵体系域为开阔台地相,由滩间海和台内浅滩构成2个次级旋回,反映相对海平面变化的高频层序。第二层浅滩对应最大海泛面,高位体系域由泥灰岩、灰岩组成。层序顶界对应低自然伽马值。

层序V厚58m。海侵体系域主要为开阔台地相滩间海亚相灰岩,底部夹薄层浅滩沉积,形成由深变浅再变深的序列,灰岩顶部为最大海泛面,高位体系域为局限台地潮间—潮上白云岩、泥晶灰岩、泥岩以及膏岩。

4 意义

在划分大量单井和野外露头层序地层的基础上,可以通过重点剖面层序地层对比,研究台缘鲕滩的展布和迁移特征。

如川东北地区的罗家寨构造带, 层序 I 的台缘鲕滩发育于罗家 5 井区; 层序 II 发育时, 台缘鲕滩发育于罗家 1 井区、罗家 2 井区; 层序 III 的台缘鲕滩在罗家 6 井区发育(见图 7)。在渡口河地区, 层序 I 的台缘鲕滩发育于渡 5 井区; 层序 II 沉积时台缘鲕滩在渡 3 井区、渡 4 井区发育。明显可见, 随着时间的演化, 台缘鲕滩向海槽边界迁移, 而且发育层位逐渐向上变高。

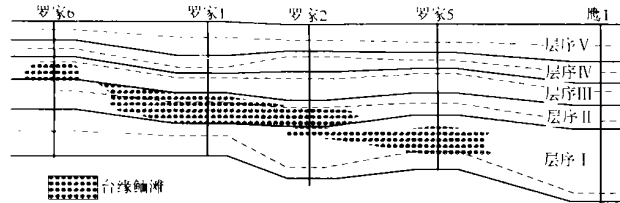


图 7 罗家寨构造台缘鲕滩迁移规律

5 结论

综合应用地震、测井、岩心和野外露头等多方面的资料, 可以识别覆盖区海相碳酸盐岩中的层序界面。要从野外露头的界面识别出发, 综合应用地震资料, 在沉积相研究的基础上, 应用岩心、录井和测井资料综合划分层序界面, 相邻井互相约束、彼此修正。

在川北地区台缘鲕滩相储集层的勘探研究中, 可以通过划分层序界面预测储集层的分布。

参考文献:

- [1] 高瑞祺, 赵文智. 中油集团(CNPC)油气勘探形势与技术发展[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(2): 1-4.
- [2] 王一刚, 文应初, 张帆, 等. 川东地区上二叠统长兴组生物礁分布规律[J]. 天然气工业, 1998, 18(6): 10-15.
- [3] 王一刚, 刘划一, 文应初, 等. 川东飞仙关组鲕滩储层分布规律勘探方法与远景预测[J]. 天然气工业, 2002, 22(增刊): 14-19.
- [4] 王兴志, 张帆, 马青, 等. 四川盆地东部晚二叠世-早三叠世飞仙关组礁滩特征与海平面变化[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 249-254.
- [5] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.

- [6] 任兴国, 罗利, 姚声贤, 等. 川东地区生物礁测井预测方法研究[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(1): 41-43.
- [7] 张占松. 测井资料识别层序的方法及问题讨论[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(5): 119-121.

第一作者简介: 魏国齐(1964), 男, 河北乐亭人, 博士, 中国石油勘探开发研究院高级工程师, 从事石油天然气地质综合研究工作。地址: 河北省廊坊市万庄 44 号信箱, 邮政编码: 065007。

收稿日期: 2003-06-26

(编辑、绘图 王孝陵)

Distinguishing of sequence interface of carbonate rock in the covered field: an example for Feixianguan Formation, Lower Triassic in Northern Sichuan Basin

WEI Guo-qi¹, CHEN Geng-sheng², YANG Wei¹, YANG Yu², HU Ming-yi³, ZHANG Lin¹, WU Shi-xiang¹, JIN Hui¹, SHEN Jie-hong¹ (1. LangFang Branch, RIPED, PetroChina, Hebei 065007, China; 2. West-south Oilfield Brand, PetroChina, Sichuan 610051, China; 3. Jiangnan Petroleum Institute, Hubei 434102, China)

Abstract It is very difficult to distinguish sequence interface of carbonate rock in the covered field. By comprehensive application of seismic, well logging, rock core and field outcrop etc., distinguishing of sequence interface can be achieved. When distinguishing interface, field outcrop must be considered at first, comprehensively applying seismic data, base on research of sedimentary facies, by applying data of diagenesis, well logging etc. It is very important for exploration of oil and gas to make off the sequence interface, so the distribution of platform margin oolitic beach reservoirs of Feixianguan Formation, Lower Triassic can be predicted by the method in the northern Sichuan basin.

Key words: sequence interfaces; carbonates; covered field; platform margin oolitic beach