

文章编号: 1009-3850(2014)04-0024-06

东海西湖凹陷花港组层序划分

高雁飞, 傅恒, 赵立欣, 葛海波, 付振群

(成都理工大学 油气地质与开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要: 大部分学者将东海西湖凹陷花港组划分为两个三级层序,但其层序界面与构造运动、古气候等重大地质事件之间在时间上不十分协调。本文以经典层序地层学、地震地层学为理论指导,在岩电特征、古生物特征、地震相分析等方面研究的基础上,结合全球性构造运动、海平面变化及古气候研究,重新厘定了东海西湖凹陷古近系花港组层序。在花港组识别出两个二级层序界面和两个三级层序界面,将花港组划分为3个三级层序。本研究对东海西湖凹陷层序地层的研究具有重要意义,同时对精细刻画层序格架内有利储层,指导生产具有积极意义。

关键词: 西湖凹陷; 花港组; 层序界面; 层序划分

中图分类号: TE512.2

文献标识码: A

引言

前人对东海西湖凹陷花港组层序地层做了大量研究工作,并取得了一系列的成果^[1-5],但对花港组三级层序的划分意见存在较大差异。武法东(2006)、陈建文等(2007)将花港组划分为两个三级层序,即SQ4、SQ5,其界面对应的地震层位有一定差异,两者均以玉泉运动对应的界面(T_{30})为底界,但前者以 T_2^4 为顶界,后者以花港运动对应的界面 T_2^0 为顶界。林畅松(2007)认为花港组对应一个二级构造层序,其内部上、下两段由地震界面 T_2^1 分开。本文通过相关资料的收集、整理、研究,认为前人对花港组的划分与全球性事件的相关性较差,对花港组层序重新进行厘定、划分。

1 构造沉积背景

西湖凹陷位于东海陆架盆地西北部,西邻海礁隆起和渔山隆起,东以钓鱼岛隆褶带为界,北东向展布(图1),面积约 $4.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[1-5]。盆地总体上呈现“东西分带,南北分块”,可划分为5个构造单

元,包括西部斜坡带(斜坡断阶带)、西次凹、中央反转带、东次凹和东部边缘断裂带^[6]。西湖凹陷是东海陆架盆地中主要含油气凹陷之一^[1]。

西湖拗陷花港组主要发育河流-湖泊-三角洲沉积相^[7-8],岩性为中砾岩、中砂岩、细砂岩-粉砂质泥岩、泥岩及炭质泥岩。砾岩主要发育在三角洲平原亚相,砾石成分为石英、变质岩、炭屑或泥质,砾间充填石英质细砾和粗砂,顺层定向排列。砂岩主要发育在三角洲前缘,中砂岩局部含泥砾、灰质或炭质纹层,见(不清晰的)平行层理、楔状斜层理、大型板状斜层理、同生变形构造,局部层理面充填炭质或炭化植物茎或条带;细砂岩-粉砂质泥岩组成多个正旋回,见沙纹层理及同生变形构造。泥岩及炭质泥岩主要发育在前三角洲-湖相。

2 层序界面识别及划分

层序界面是地质过程中地质事件形成的客观物理界面,亦是地层的分界面,对划分层序、建立等时地层格架起到关键作用^[9]。本文在岩电特征、古生物特征、地震相分析等方面研究的基础上,结合全球性构造运动、海平面变化及古气候研究,在西

收稿日期: 2014-03-20; 改回日期: 2014-06-03

作者简介: 高雁飞(1989-)男,硕士研究生。研究方向为含油气盆地地震地层学与层序地层学。E-mail: 437109200@qq.com

湖凹陷花港组共识别出了两个二级层序界面 SSB4 (花港组底界,对应玉泉运动,地震界面 T_{30})、SSB5 (花港组顶界,对应花港运动,地震界面 T_{20}),以及两个三级层序界面 SB5(地震界面 T_{21})、SB6。

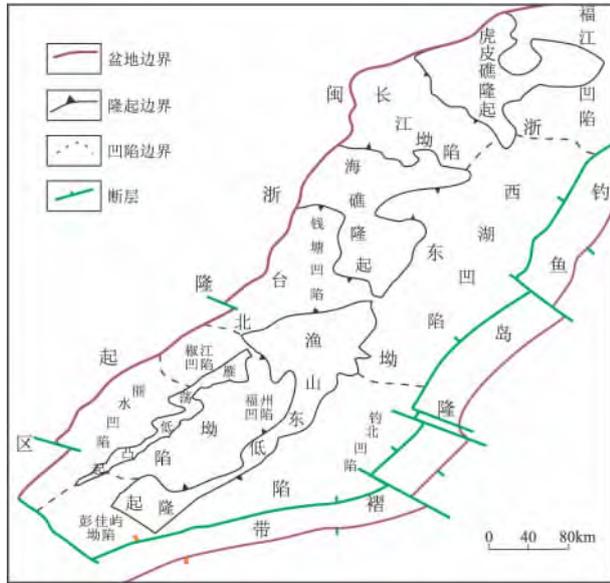


图1 东海西湖凹陷区域位置图^[7-8]

Fig.1 Location of the Xihu depression in the East China Sea (after Jiang Haijun et al., 2011; Hu Mingyi et al., 2011)

2.1 岩电特征

碎屑岩层序受到海平面周期性升降的影响,界面上一般表现为岩性、岩相突变^[9]。西湖凹陷花港组主要发育三角洲沉积体系,低位体系域不发育。层序界面岩性表现为下粗上细,层序界面之下为高位体系域沉积期三角洲平原砾砂岩、砂砾岩、砾岩、粗砂岩或三角洲前缘砂岩、细砂岩,界面之上为三角洲前缘泥岩、粉砂质泥岩夹薄层粉砂岩(图2)。

西湖凹陷花港组层序界面在测井曲线上也往往表现为突变型,测井值突变或测井曲线形态改变。界面之下自然伽马及自然电位为低值箱型或低值钟形,界面之上自然伽马及自然电位为中高值,呈微齿状或指状。

以典型井 T-2 井为例,SSB5(图3D)界面之下岩性突变为黄色含砾砂岩、黄色细砂岩夹粉砂质泥岩,自然伽马为低值箱形。界面之上岩性为灰色粉砂质泥岩与黄色泥质粉砂岩,自然伽马为中度微齿状。其它层序界面 SSB4、SB5、SB6 与该界面具有一定的相似性。通过岩石地层对比,可以得出花港组顶底界分别对应于 SSB4、SSB5,花港组上、下段的界线对应 SB5,其上段两个上升半旋回的分界处可识

别出 SB6。

2.2 古生物特征

连续沉积层序内部生物丰度、种类从下到上是渐变的,由于海平面变化、沉积环境的不同等导致在层序界面处古生物种类、数量突变^[9-10]。通过古生物的整理分析,对西湖凹陷的孢粉组合、沟鞭藻、盘星藻和疑源藻等古生物化石进行对比,发现平湖、花港两组古生物连续性差(表1),反映了当时古环境的变化,对应于二级层序界面 SSB4。对 T-1 井的花港组内部的古生物观察,其上、中、下部存在一定差异,对应于其内部界面 SB5 及 SB6(图5)。

2.3 层序界面地震反射特征

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特征。西湖凹陷花港组层序界面在地震反射剖面上见大量削截(层序界面近物源位置见冲刷充填)形成的角度不整合和微角度不整合,同时界面由于下粗上细岩性突变显示为强振幅反射连续轴^[9,11](图3)。根据地震反射剖面上连续性、振幅、频率、反射终止关系,研究区内的4个层序界面,又具有各自的特征。

SSB4 对应地震界面 T_3^0 ,为中-强振幅、中-高连续反射轴。该界面在西湖凹陷西斜坡带见明显的角度不整合,中央隆起和东缘多见微角度不整合,是玉泉运动作用形成的隆升不整合界面。SSB5 对应地震界面 T_2^0 ,主要为中-强振幅、高连续,地震特征稳定,界面下削截现象明显,是花港运动形成的隆升不整合界面。

SB5 对应地震反射界面 T_2^1 ,主要为中-高连续、中-强振幅,该界面越过西部隆起边缘,可在全区进行追踪。在凹陷西部边缘界面为差-中连续、强振幅,反映了砂岩/泥岩界面的强阻抗响应,由西向东界面渐变为粉砂岩/泥岩界面,为中-高连续,振幅渐变为中-强。穿过 SB5 的断裂相对较少,连续性相对较高,地震反射剖面上可见削截现象(图3A)。SB6 为花港组上段内部界面,为中-高连续、中-强振幅,反映了砂岩和泥岩的强阻抗响应,在凹陷西部见削截现象(图3B)。

2.4 海平面变化及古气候响应

全球海平面变化及古气候对层序界面具有一定的控制作用,不同海平面相对变化的周期对应了相应级别的沉积层序。在渐新世整体海退的背景下,西湖凹陷花港组二级、三级层序均受到了周期性全球性事件的影响^[11](图4)。

始新世末的玉泉运动(花港组底界,即 SSB4,

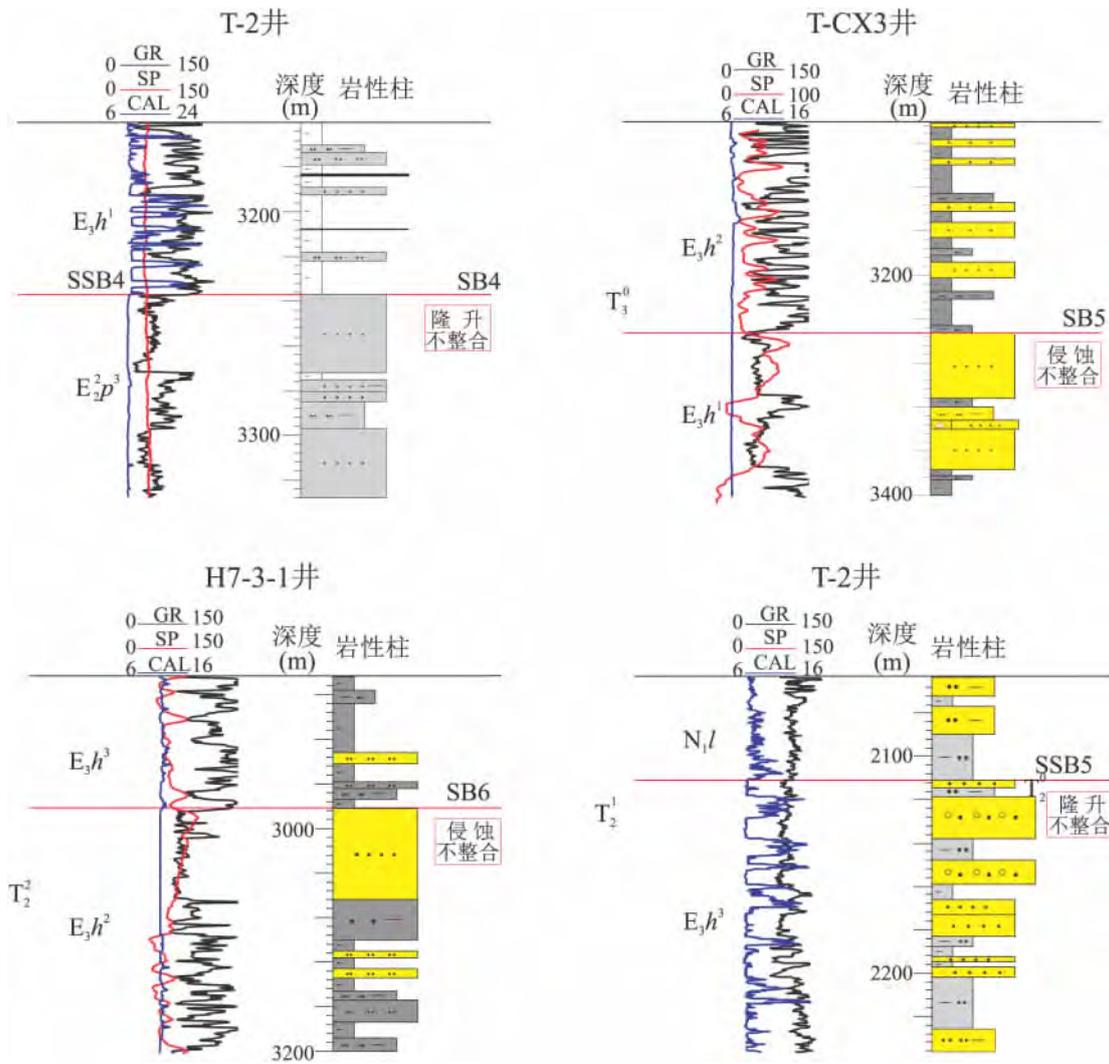


图2 西湖凹陷花港组层序界面岩电特征

Fig.2 Electrical properties of the sequence boundaries in the Huangang Formation , Xihu depression , East China Sea

表1 西湖凹陷典型井 C-1 井平湖-花港组古生物对比

Table 1 Correlation of the palaeontological types from the Pinghu and Huangang Formations through the C-1 well in the Xihu depression , East China Sea

古生物类型	平湖组	花港组
孢粉	桧木粉属-高腾粉属,被子植物平均 66.9%,以桧木粉属为主,平均 42.7%,高腾粉属在本组合断续出现	单、双束松粉属-栎粉属-三瓣粉属-高腾粉属组合(被子植物 54.8%,以栎粉属为主;裸子植物平均 35.2%,以单、双束松粉属为主;蕨类 10%,为粗肋孢属、单缝孢属等)
沟鞭藻	沟鞭藻化石最丰富的井段,有 7 个样品见沟鞭藻化石,共有 15 个已知种,绝大多数化石在平湖组常见	有 13 个样品见沟鞭藻化石,岩芯样中见 15 粒沟鞭藻化石,有 5 个能定种
其它	井段取芯样品见一枚浮游有孔虫,属勒鲁瓦前抱球虫比较种	该井段所见超微化石均为晚始新世常见种,包括远洋颗石藻、楔形石未定种、网窗筛颗石藻等

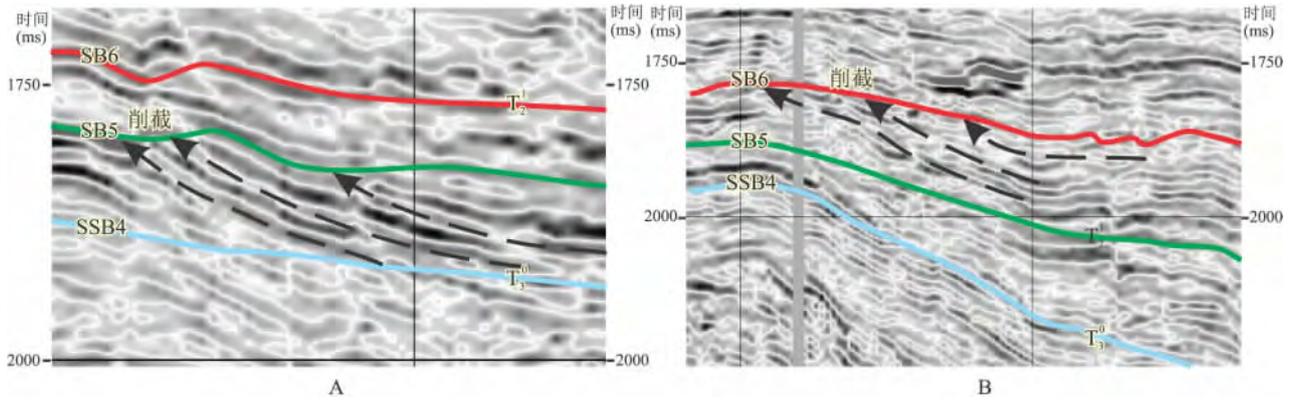


图3 西湖凹陷花港组三级层序界面地震反射特征

Fig.3 Seismic reflection profiles through the third-order sequence boundaries in the Huagang Formation ,Xihu depression ,East China Sea

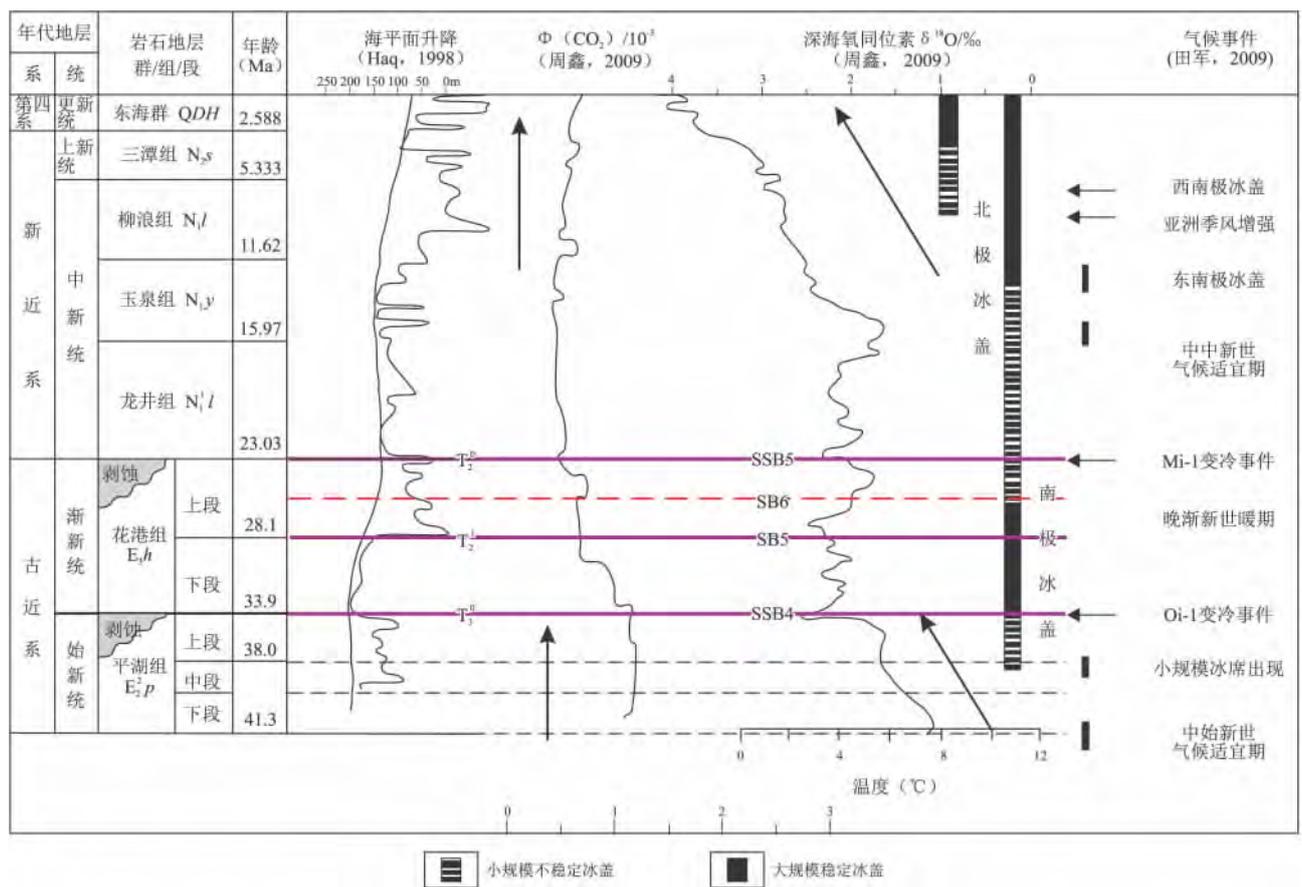


图4 古近纪花港组重大气候事件^[13]

Fig.4 Major climatic events during the Palaeogene in the Huagang Formation ,Xihu depression ,East China Sea (after Fu Heng et al. ,2013)

33.9Ma) 与全球气候事件 Oi-1 变冷事件发生的时间基本一致。海平面迅速下降 70m^[12] ,致使海水短暂退出了东海陆架盆地。深海氧同位素突然增高,二氧化碳含量迅速降低对应了此次海平面变化。

渐新世末的花港运动(花港组顶界,即 SSB5, 23.03Ma) 与 Mi-1 全球变冷事件时间基本一致^[13] ,海平面下降约 50m^[12] ,深海氧同位素含量突然升高

和空气中二氧化碳含量大幅降低。

花港组下段-上段分界面(SB5 28.1Ma) 对应了一次海平面大幅下降,大气中二氧化碳含量降低,相对波动减少。深海氧同位素波动变化,可能与南极冰盖已大规模形成有密切关系。

通过岩性、电性、古生物、地震相分析,结合年代地层及全球海平面变化曲线,花港组上段内部界

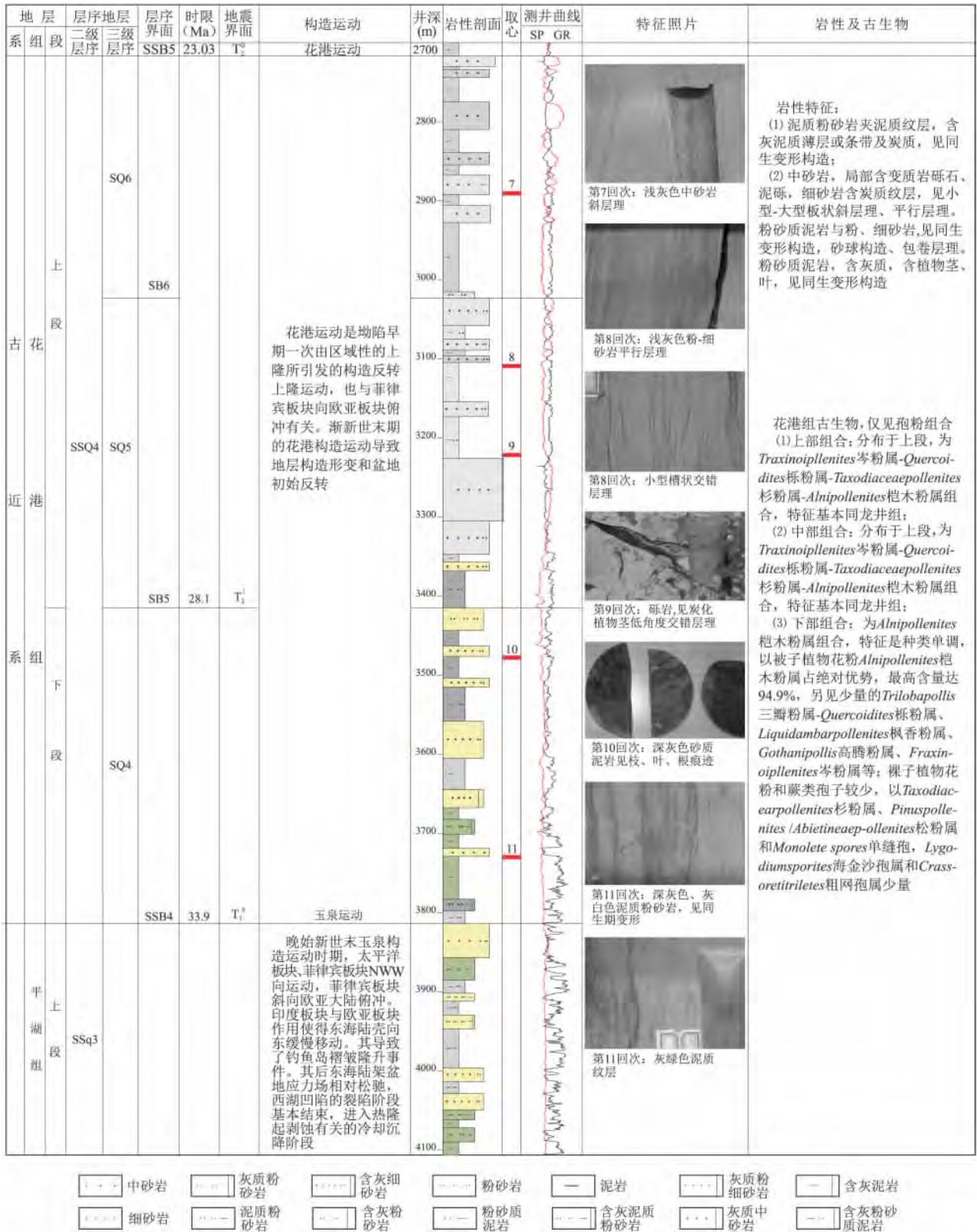


图5 西湖凹陷 T-1 井层序地层划分

Fig. 5 Sequence stratigraphic division of the T-1 well in the Xihu depression, East China Sea

面分界面(SB6)应位于海平面两个大的升降旋回之间,海平面整体呈现下降趋势。大气中二氧化碳含量略有降低,深海氧同位素含量下降后平缓的折点位置。此时南极为不稳定的小规模冰盖,为气候小幅回暖之后海平面的相对下降。

3 层序划分方案

通过以上岩电特征、古生物特征、地震相、海平面变化及古气候分析等方面识别出二级层序界面SSB4、SSB5及三级层序界面SB5、SB6,结合年代地层、岩石地层及区域构造背景,可将西湖凹陷花港组划分为一个二级层序SSQ4,进一步划分出SQ4、SQ5、SQ6 3个三级层序(图5)。

4 结论

(1) 通过岩电特征标志、古生物标志、地震反射特征、构造运动、海平面变化及古气候依据等,对西湖凹陷花港组层序界面进行识别,划分出两个二级界面SSB4、SSB5,两个三级界面SB6、SB5。

(2) 以前人研究为依托,对花港组层序地层重新进行厘定,将其划分为3个层序SQ4、SQ5、SQ6,有别于前人的两分方案,对东海西湖凹陷层序地层的研究具有深远意义。同时,本研究有利于精细刻画层序格架内有利储层,对油气生产具有指导意义。

参考文献:

- [1] 武法东. 东海陆架盆地西湖凹陷第三系层序地层与沉积体系分析[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [2] 颜文涛. 东海陆架盆地西湖凹陷渐新统花港组沉积相分析[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
- [3] 翟玉兰. 东海陆架盆地西湖凹陷层序地层与沉积体系研究[D]. 青岛: 中国海洋大学海洋地质科学学院, 2009.
- [4] 陈琳琳, 谢月芳. 东海西湖凹陷花港组沉积模式初探[J]. 海洋石油, 1998, 4: 15-21.
- [5] 张建培, 徐发, 钟韬, 等. 东海陆架盆地西湖凹陷平湖组-花港组层序地层模式及沉积演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 30(1): 35-41.
- [6] 刘金水, 曹冰, 徐志星, 等. 西湖凹陷某构造花港组沉积相及致密砂岩储层特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2012, 39(2): 130-136.
- [7] 蒋海军, 胡明毅, 胡忠贵, 等. 西湖凹陷古近系沉积环境分析——以微体古生物化石为主要依据[J]. 石油天然气学报, 2010, 32(5): 1-5.
- [8] 胡明毅, 柯岭, 梁建设, 等. 西湖凹陷花港组沉积相特征及相模式[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(1): 74-78.
- [9] 黄海平, 傅恒, 汪瑞良, 等. 珠江口盆地珠江组层序格架下沉积体系分析[J]. 大庆石油地质与开发, 2012, 31(2): 1-7.
- [10] 黄诚, 傅恒, 汪瑞良, 等. 珠江口盆地东沙隆起珠江组层序界面的识别及划分[J]. 海相油气地质, 2010, 15(3): 32-39.
- [11] 朱筱敏. 层序地层学[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2000.
- [12] 江焱, 贾建忠, 邓丽君, 等. 古近纪重大气候事件及其生物响应[J]. 地质科技情报, 2012, 31(3): 31-38.
- [13] 傅恒, 高雁飞, 肖重阳. 陨击天文事件与新生代全球气候变化[J]. 沉积与特提斯地质, 2013, 33(4): 106-110.

Sequence stratigraphic division of the Huagang Formation in the Xihu depression, East China Sea

GAO Yan-fei, FU Heng, ZHAO Li-xin, GE Hai-bo, FU Zhen-qun

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The Xihu depression lies as a major petroleum depression in the northwestern part of the East China Sea shelf basin. According to electrical properties, palaeontological fossils, seismic facies, global sea-level changes and palaeoclimatic responses, the Palaeogene Huagang Formation in the Xihu depression, East China Sea may be redivided into two second-order sequence boundaries including SSB4 and SSB5, and two third-order sequence boundaries including SB6 and SB5. Correspondingly, three third-order sequences have been distinguished in the Formation, including SQ4, SQ5 and SQ6. This study helps improve our knowledge of the sequence stratigraphic division and the redelineation of favourable hydrocarbon reservoirs within the sequence stratigraphic framework in the study area.

Key words: Xihu depression; Huagang Formation; sequence boundary; sequence division