

文章编号:1009-3850(2019)04-0027-11

冀中饶阳凹陷西柳10断块古近系沙三段-沙二段 层序地层及沉积演化

王旭旭, 张廷山, 张 喜, 孙文钊

(西南石油大学 地球科学与技术学院, 四川 成都 610500)

摘要:为了探讨饶阳凹陷蠡县斜坡北东缘西柳10断块古近系沙河街组沙三段-沙二段(E_s^3 - E_s^2)层序地层特征及其沉积特征,依据高分辨率层序地层学理论,结合岩心、测井等资料,对研究区沙三段-沙二段层序地层进行划分,对其沉积特征、相带展布及其演化规律进行研究。研究表明,沙河街组沙三段-沙二段可划分为4个III级旋回,11个IV级旋回,32个V级旋回。沉积物岩性以细砂岩、粉砂岩及泥岩为主,沉积环境主要为辫状河三角洲平原和三角洲前缘,划分出7种沉积微相。结合研究区区域构造演化及沉积背景,认为沙三段-沙二段沉积时期,主要经历湖退到湖进的演变过程。

关键词:西柳10断块;古近系;沙河街组;层序地层;沉积演化

中图分类号:P512.2

文献标识码:A

引言

层序地层学理论自提出以来,为储层预测、圈闭的识别提供了新的思路,可应用于我国湖相盆地研究沉积体系,有利储集相带预测、隐蔽圈闭预测以及总结油气富集特点等方面。例如:胜利油田曾对东营和沾化凹陷等大型断陷湖盆开展过层序识别、沉积体系及重要砂体的展布与预测等工作^[1]。这一理论的提出及应用对沉积学研究起到了推波助澜的作用。西柳油田的主要产区是西柳10断块,油藏类型为构造-岩性复合油藏,主力含油层系为古近系沙河街组。自油田1994年投入开发以来,已累计探明含油面积22.56 km²,累积探明地质储量1541 × 10⁴ t,可采储量343.3 × 10⁴ t,累积产油145.53

× 10⁴ t。随着油田勘探开发程度的不断提高,油田含水量增加,开采难度增加,同时出现油水关系复杂、注水开发效果不理想等问题,这些问题的出现是由于该地区地层划分以及沉积相研究精度不足。在这种情况下,使油田重焕生机,可持续开发变得越来越重要。

西柳10断块属于渤海湾盆地冀中坳陷蠡县斜坡西柳北构造上,位于饶阳凹陷西部,蠡县斜坡北东部(图1a),属高阳古背斜的东翼,是在中、上元古界基底上发育起来的西高东低、北东走向宽缓的继承性斜坡^[2]。本文研究区位于西柳构造带上,主要发育地堑式断槽构造,断块与小型断鼻构造发育(图1b)^[3]。

收稿日期:2019-08-19; **改回日期:**2019-10-31

作者简介:王旭旭(1994-),男,硕士研究生,西南石油大学,从事石油地质与沉积研究。E-mail:1208994516@qq.com

通讯作者:张廷山(1961-),男,博士,西南石油大学教授,博士生导师,从事非常规油气地质、储层地质研究。E-mail: zts_3@126.com

资助项目:国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(2017ZX05063002-009)

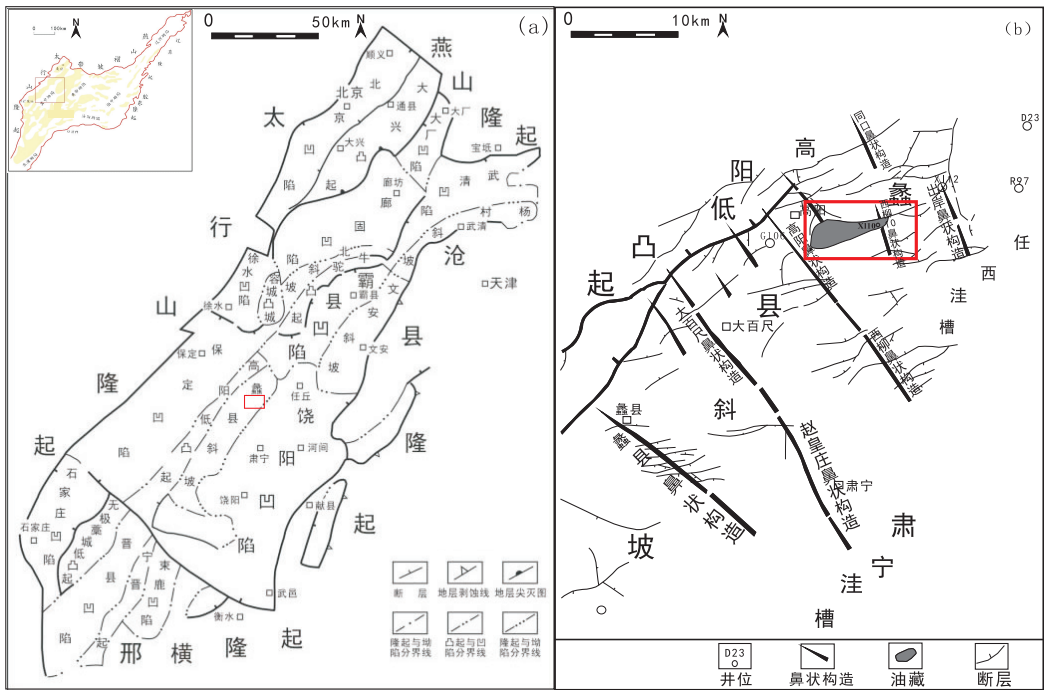


图1 研究区位置及构造图

Fig.1 Tectonic setting of the Xiliu-10 fault block in the Raoyang depression, central Hebei

研究区古近系由下至上发育孔家店组、沙河街组、东营组三套地层。在古近系时期该区经历了多期幕式构造作用,主要包括断陷分割充填期、断陷扩张深陷期、断陷萎缩抬升期、断陷扩张期和断陷抬升消亡期5个构造演化阶段^[4-5],本文研究层段主要为古近系沙河街组沙三段-沙二段。

针对油田开发过程中的问题,本次研究主要以层序地层学、沉积学理论为指导,通过岩心、测井、地震等资料系统分析了西柳10断块沙三段-沙二段的层序地层特征与沉积特征及其演化规律,确定研究区沉积相展布规律,为油田持续勘探开发、制定挖潜策略提供依据。

1 高分辨率层序地层特征

高分辨率层序地层学由 T. A. Cross 教授在 1988 年提出^[6],自 1995 年邓宏文^[7]在国内引入相关理论之后,其基本原理及方法被广泛应用到国内陆相含油气盆地中。层序级别的分类和命名原则如表 1 所示。

1.1 层序界面特征及识别标志

层序界面的识别和划分基础^[9],可根据测井响应、地震反射、沉积地质、地球化学、古生物特征等来进行识别,具体识别标志如表 2 所示。

表1 高分辨率层序地层划分方案及层序定义(据郑荣才等^[8]修改)

Table 1 High-resolution sequence stratigraphic division and definition (modified from Zheng Rongcai et al., 2001)				
基准面旋回级次	时限范围 (Ma)	本区层序发育规模	层序定义	与 Vail 相当的层序地层单元对比关系
长期	1.31-3.25	40-70	一套具较大水深变化幅度的、彼此间具成因联系的区域性退积-进积沉积旋回	相当Ⅲ级层序
中期	0.4-0.95	10-35	一套水深变化幅度不大的、彼此间成因联系密切的次级退积-进积沉积旋回	相当Ⅳ级层序
短期	0.08-0.3	2-10	一套具低幅水深变化的、彼此间成因联系密切的韵律性退积-进积沉积旋回	相当Ⅴ级层序

表 2 层序边界识别标志

Table 2 Criteria for the recognition of sequence boundaries

资料	层序边界识别标志
地震剖面	削蚀(削截、侵蚀)现象、上超现象、顶超现象等
测井资料	电性突变
沉积地质资料	古风化暴露面、河床滞留沉积、沉积旋回性变化、岩性、岩相在垂向上的缺失及突变、截切面及海岸上超面
地球化学资料	元素的特殊富集或贫乏

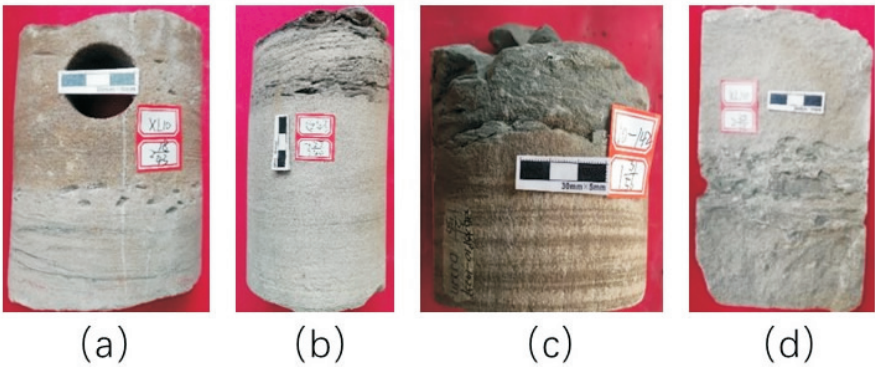


图 2 岩心冲刷面及岩性岩相转换面

a. XL10 井,3214.9~3215.2m,上部含油细砂岩,底部灰白色粉砂岩,中部见一间歇暴露面、含泥砾;b. G43 井,3097.7~3098.05m,灰褐色粉砂岩,顶部可见一大型冲刷面,含泥砾;c. 10-142 井,3030.32~3030.45m,顶部灰绿色粉砂质泥岩,底部为含油细砂岩,界面为一个结构转换面;d. XL10 井,3218.15~3018.75m,顶部灰色细砂岩,底部灰绿色泥岩,界面为一个结构转换面

Fig. 2 Scour surface and lithologic-lithofacies plane observed in the sampled cores

1.1.1 岩性、岩相标志

层序边界在钻井岩心上识别的标志,主要表现为冲刷面(图 2a、b)与岩性岩相转换面(图 2c、d)。

1.1.2 测井相标志

利用测井曲线连续性在纵向上表现较好的优势进行层序地层划分,应用最广的、较可靠的测井

曲线是自然伽马(GR)和电阻率曲线。此次研究主要分析自然电位(SP)曲线与电阻率曲线的特征,以声波时差(AC)曲线以及自然伽马(GR)曲线为辅,对其曲线形态、接触关系、堆积方式等进行分析判断,认为研究层段地层中,层序界面在测井曲线上主要表现为突变面(图 3)。

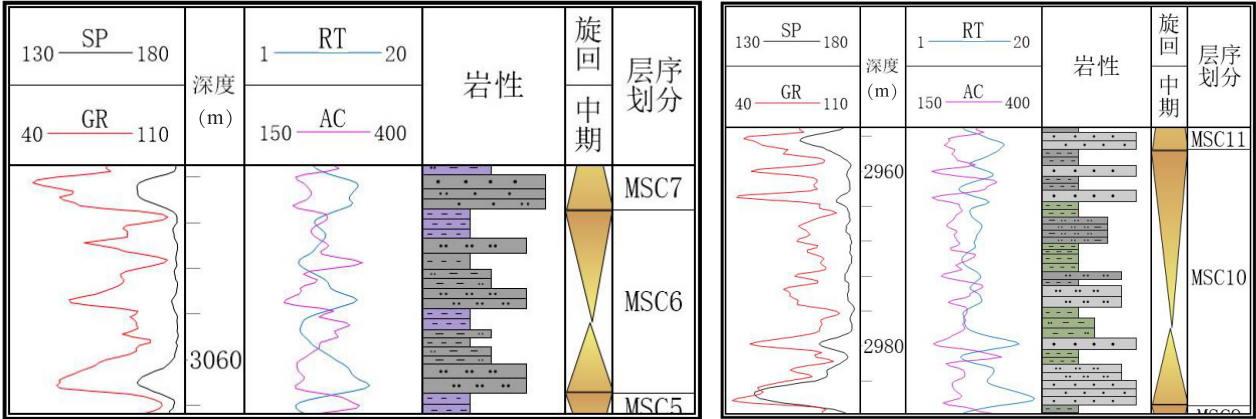


图 3 层序界面岩电特征

Fig. 3 Lithologic and electric characteristics at sequence boundaries

1.1.3 地震剖面标志

层序界面在地震剖面上表现的反射终止类型多

为上超、顶超、削截等现象。T 4 相当于 E_s^2 顶面, T 5-1 相当于 E_s^3 顶面, T5-2 相当于 $E_s^{3-下}$ 顶面。如图 4 所示:

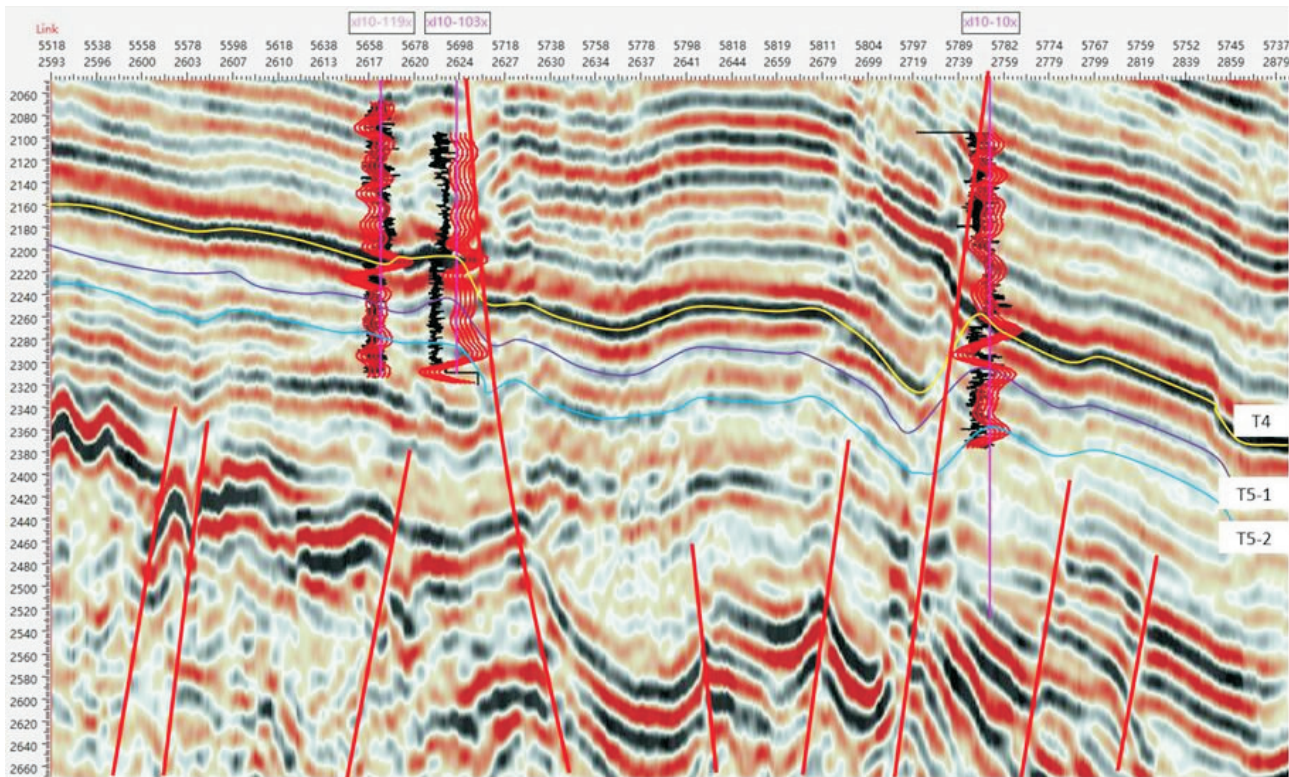


图 4 研究区沙三段-沙二段地震反射特征图

Fig. 4 Seismic reflection profile through the 3rd and 2nd members of the Palaeogene Shahejie Formation in the Xiliu-10 fault block

1.2 层序界面识别

通过详细分析岩心、测井资料,沙河街组沙三段-沙二段可区分出 3 种不同类型的层序界面:大型冲刷面、结构转换面以及间歇暴露面与相关整合面^[10]。

1.2.1 大型冲刷面

研究区存在 3 个大型冲刷面,分别为沙三中段与沙三上段的界面、沙三上段与沙二下段分界面以及沙二下段与沙二上段的界面,此类界面均表现为河道砂岩与下伏河道间泥岩进行冲刷现象(图 5)。界面上下岩性、粒度以及岩石颜色等特征发生明显变化,自然伽马(GR)与自然电位(SP)两条曲线发生突变,此类界面主要为研究区长期旋回界面。

1.2.2 结构转换面

这类界面主要发育在剖面结构发生变化的位置,可以是两个正粒序结构之间的转变面、两个反粒序结构之间的转换面、正粒序向反粒序转变的位置^[11]。研究区常出现泥岩与砂岩之间的突变现象

(图 5),能看到冲刷现象,此类界面主要为研究区中期旋回界面。

1.2.3 间歇暴露面和相关整合面

此类界面变通为基准面不稳定,波动明显,上下层之间存在较明显的岩性变化。在低能环境中界面上下岩性差异不明显,岩心上一一般显示为颜色与岩性变化、冲刷面等。

1.3 洪泛面

通过对研究层段洪泛面的研究表明,在三角洲前缘亚相中主要表现为水下分流间湾的泥质沉积,在辫状河三角洲平原亚相中,洪泛面遭受剥蚀,难以识别。本次主要以退积-进积作用转换面为主,该转换面主要为细粒沉积物中部为主(泥岩、泥质粉砂岩),界面以下由多套正韵律地层叠加,粒度靠近界面变小;界面以上以多套反韵律地层组成。

1.4 高分辨率层序划分

根据层序地层界面的识别标志,结合岩心观察、测井曲线及岩性变化,将研究层段划分为 4 个

III 级旋回,11 个 IV 级旋回,32 个 V 级旋回(图 5),
III 级旋回层序界面主要为大型冲刷面,IV 级旋回
层序界面主要以结构转换面及冲刷面为主,V 级旋

回层序界面主要为退积-进积转换面。III 级旋回、
IV 级旋回呈现对称型旋回,V 级旋回呈现不完全对
称型旋回。

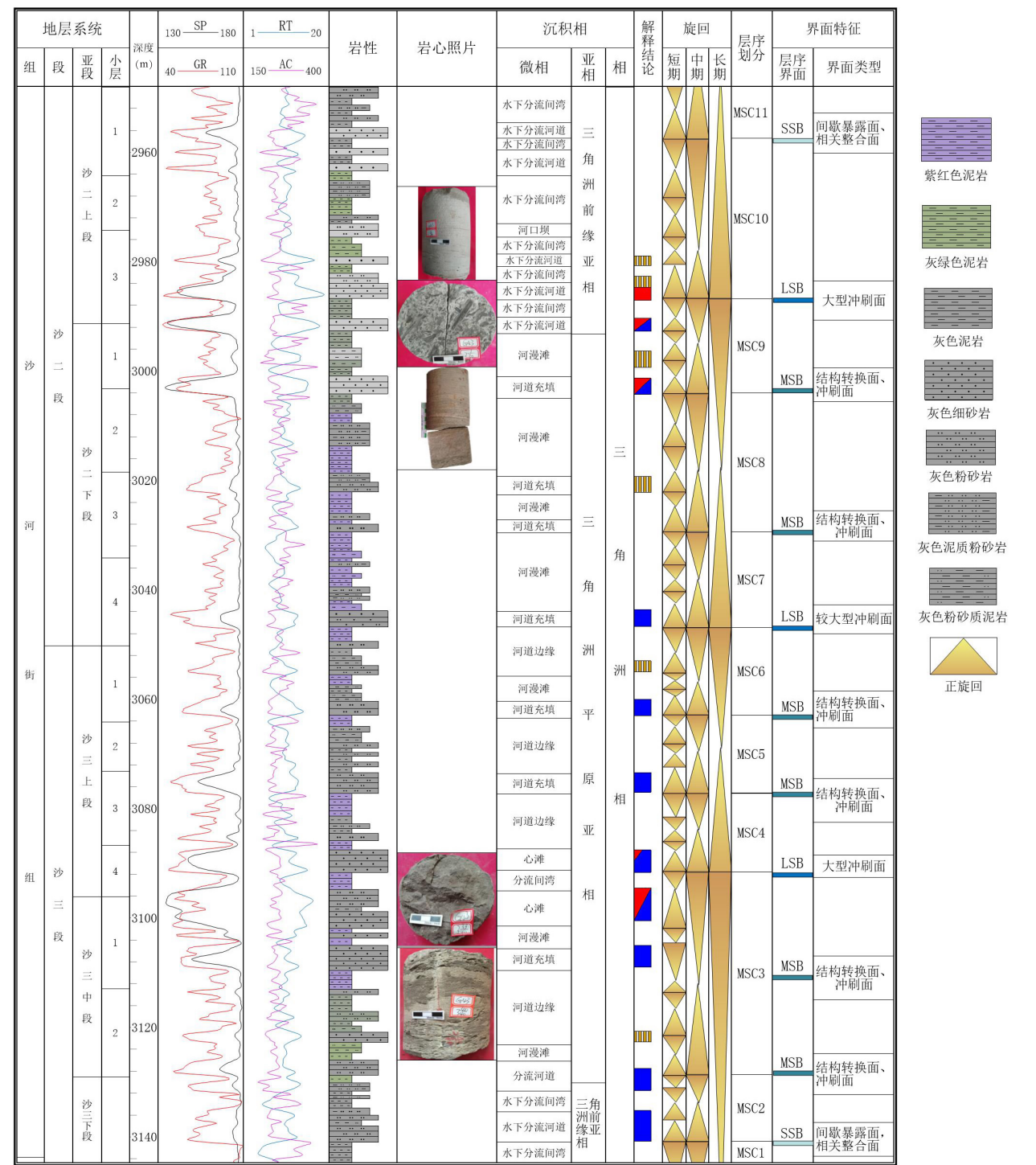


图 5 西柳 10 断块沙三段-沙二段沉积相和高分辨率层序地层综合柱状图 (G43 井)

Fig. 5 Composite column of sedimentary facies and high-resolution sequence stratigraphic division for the 3rd and 2nd members of the Palaeogene Shahejie Formation in the Xiliu-10 fault block (G43 well)

2 沉积相类型及特征

2.1 沉积相标志

沉积相划分需要进行岩性标志识别,主要包括岩石类型及颜色、沉积构造特征以及测井相标志^[12-13]。通过观察岩心,对研究层段岩石类型以及沉积构造特征进行总结。

由于沙三下段在研究区存在缺失并且取心未取到该段岩心,因此根据前人研究总结得出,沙三下段($Es^{3-下}$):发育深灰、黑灰色泥岩、页岩层,水平层理、块状层理发育。根据其岩石颜色及沉积构造,表明其沉积时期处于低能还原环境,水动力较弱。

沙三中、上段($Es^{3-中、上}$):砂岩多以灰色、浅灰

色为主,泥岩以紫红色,褐色为主,交错层理、平行层理与冲刷面可见,具有虫孔、生物扰动现象。反映沉积水体较浅,表明其处于高能氧化环境,水动力强(图6a、b、c、d)。

沙二下段($Es^{2-下}$):底部以灰色、浅灰色细-粉砂岩夹紫红色泥岩为主,发育平行层理、交错层理等,表明此时期处于氧化环境,水动力较强;顶部砂岩以灰白色为主,泥岩多为灰绿色,块状、平行层理发育,表明此时逐渐向还原环境过渡,水动力有所减弱(图6e、f、g、h)。

沙二上段($Es^{2-上}$):该段主要发育灰色、灰白色细-粉砂岩,泥岩以灰绿色、暗色为主。发育水平层理、浪成砂纹层理、块状层理。此时所处环境为低能还原环境,水动力变弱(图6i、j、k)。



图6 典型岩心特征图

a. 10-142井,沙三上段3036.9~3037.1m,浅灰色含油粉砂,底部冲刷面,泥砾定向排列;b. 10-142井,沙三上段3026.15~3026.35m,灰褐色粉砂岩,含油明显,交错层理;c. G43井,沙三中段3100.10~3100.38m,薄层灰褐色粉细砂岩,可见两期冲刷面,其上有定向排列的灰绿色及紫红色泥砾;d. 10-142井,3040.04~3040.24m,灰褐色泥质粉砂岩,斜交虫孔较为发育,生物扰动现象;e. XL10井,沙二下段3126.2~3127m,顶部灰白色粉砂岩,底部灰绿色粉砂质泥岩,见泥砾。上部块状层理,下部平行层理;f. G43井,沙二下段2993.60~2993.90m,中厚层灰白色细砂岩,底部可见定向排列的泥砾,中部为板状交错层理,上部变为平行层理;g. G43井,沙二下段2995.00~2995.30m,中厚层块状灰绿色粉砂质泥岩,块状层理;h. XL10井,沙二下段3132.5~3134.57m,顶部灰绿色粉砂,向下过渡为紫红色粉砂,底部为紫红色泥岩;i. G43井,沙二上段3000.55~3002m,灰白色细砂岩,底部与灰绿色粉砂互层,水平层理;j. G43井,沙二上段2984~2984.5m,灰白色细砂岩,下部见层理,底部见泥砾;k. XL9井,沙二上段3088.1~3089.1m,灰黑色泥岩,块状

Fig.6 Description of representative cores collected from the Palaeogene Shahejie Formation in the Xiliu-10 fault block

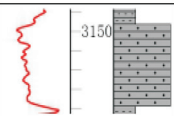
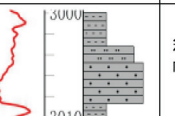
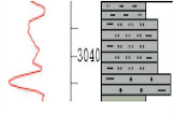
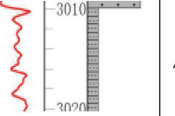
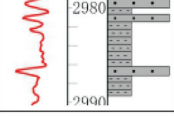
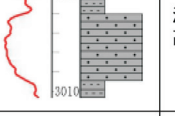
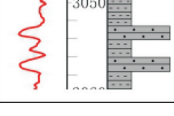
2.2 测井相分析

通过测井曲线来研究沉积相是目前进行沉积微相研究中不可缺少的手段,一般选择具有代表性的自然电位、自然伽马、视电阻率测井等曲线的形态和垂向序列进行分析。通过对岩心的观察,以岩心为依据,结合测井曲线特征,总结研究区的岩性

-测井曲线-测井相的规律^[14-15]。由于自然伽马曲线可以清楚地反映出泥质含量,因此本次以自然伽马曲线为标准曲线,结合岩心观察结果,得出研究区沉积微相测井相类型及其沉积构造特征,结果如表所示(表3)。

表3 沉积微相测井响应特征及沉积特征

Table 3 Well logs and sedimentary characteristics of representative sedimentary microfacies in the Palaeogene Shahejie Formation in the Xiliu-10 fault block

微相	典型曲线	特征描述	沉积特征	微相	典型曲线	特征描述	沉积特征
心滩		箱形、钟形中高幅,弱齿化	细砂岩为主,交错层理,含冲刷-充填构造	水下分流河道		箱形、钟形幅度较高,弱齿化	细砂岩、粉砂岩为主,砂体呈透镜体,交错层理、波状层理,含冲刷-充填构造
河道充填		钟形,幅度较大,微齿状	粉砂岩、含泥质,交错层理	水下分流间湾		线形为主,低幅,齿化	泥岩为主,含少量粉砂,水平层理
河漫滩		线形为主,幅度偶有变大,齿化	泥岩为主,含粉砂,水平层理、波状层理	河口砂坝		漏斗形,中高幅,弱齿化	细砂岩、粉砂岩,交错层理,平行层理
河道边缘		锯齿状,幅度较高,齿化明显	细砂岩、粉砂岩、泥岩,交错层理,波状层理				

2.3 沉积微相划分

通过对岩心观察分析其岩性、颜色、沉积构造以及测井相特征,结合前人研究结果^[16-22],研究区主要发育三角洲相,沙三中-上段、沙二下段发育辫状河三角洲平原亚相:由心滩、河道充填、河道边缘、河漫滩4种微相类型组成(图5)。由于物源充足、沉积速率快,主要发育交错层理,平行层理,冲刷构造、含泥砾,可见泥砾定向排列,亦可见生物扰动现象及虫孔。岩性主要发育灰色或浅灰色细砂岩、粉砂岩,紫红色泥岩。

沙三下段、沙二上段主要发育三角洲前缘亚相:主要发育水下分流河道、水下分流间湾、河口砂坝3种微相类型(图5),由于河口砂坝容易被冲刷破坏,研究区河口砂坝微相少见。砂岩以灰色、灰白色为主,泥岩颜色以深灰色、暗色为主,发育水平层理、波状层理、块状层理。

2.3.1 辫状河三角洲平原亚相

(1)心滩:在辫状河道中常常会形成心滩,研究

区沙三段主要发育辫状河三角洲沉积,因此心滩较为发育。其单砂体厚度大、粒度较粗,以灰色细砂岩为主,是油气的有利储层,发育槽状层理、板状交错层理或者楔状交错层理。

(2)河道充填:由于河道迁移砂体在河道中充填,其岩性以灰色粉砂岩、泥质粉砂岩为主,粒度细,单砂体厚度也偏小,主要以非渗透砂体为主。由于河流的冲刷作用,其底部一般发育冲刷充填构造。

(3)河漫滩:是由河流携带的泥质悬浮物漫溢至河床之外的低洼区沉积而成,研究区岩性以泥岩与粉砂质泥岩为主,发育水平层理,靠近河道处整体粒度有所变粗。

(4)河道边缘:常形成于河道的边缘部位,岩性主要为粉砂岩、泥岩,两者常呈现互层状,这是由于河道水位高低起伏引起的。

2.3.2 三角洲前缘亚相

(1)水下分流河道:水下分流河道微相是三角

洲平原分流河道在水下的延伸。砂体类型好,成分成熟度高。研究区水下分流河道主要发育灰色细砂岩,泥质少。底部具有冲刷面,正韵律结构,在岩心上可观察到不同类型层理构造,如平行层理、交错层理等。

(2)水下分流间湾:水下分流间湾微相是水下分流河道之间相对较低洼的地方,其水动力条件较弱。研究区该微相发育灰绿色、深灰色、灰色泥岩,也可见泥岩和粉砂岩不等厚互层现象,层理的类型主要为块状层理、水平层理等。

(3)河口砂坝:河口砂坝位于水下分流河道的河口处,是由于湖水阻挡河流向前推移而形成的。河口坝处在河水与湖水的强烈交锋处,沉积速率高,泥质含量少,砂体质较纯,物性好。研究区河口坝主要发育浅灰色细砂岩,泥质含量少。主要发育板状交错层理、槽状交错层理等。

3 沉积环境演化

3.1 沉积微相展布特征

结合前人所研究的物源方向^[19,23],研究区主要以西北部物源为主。在上述对于研究区层序地层以及沉积特征研究的基础上,本文以中期旋回为编图单元,绘制了研究区沉积微相平面展布图,进而揭示沉积相带展布特征。

由于本次研究缺少沙三下段资料,因此根据前人研究结果,沙三下段发育三角洲前缘亚相,MSC1、MSC2 两个中期旋回沉积微相平面图难以刻画。

MSC3 沉积时期,主要以辫状河三角洲平原亚相为主,研究区辫状河大范围分布,辫状河道规模较大,主要发育心滩、河漫滩、河道充填等微相,河道整体呈东南流向(图 7a)。

MSC4 沉积时期,同样以辫状河三角洲平原亚相为主,主要发育心滩、河漫滩、河道充填等微相,较 MSC3 时期辫状河道向西边迁移,东部河道边界明显,河道呈东南向展布(图 7b)。

MSC5 沉积时期,主要发育辫状河三角洲平原沉积,辫状河道规模缩小,河道边界明显,依旧发育心滩、河道充填以及河漫滩微相(图 7c)。

MSC6 沉积时期,以辫状河三角洲平原亚相沉积为主,主要发育心滩、河漫滩、河道充填等微相,较 MSC5 而言,由于物源方向水体能量的减弱,物源区物质供应减少,辫状河道的河道规模明显萎缩(图 7d)。

MSC7 沉积时期,同样发育辫状河三角洲平原亚相,辫状河道规模减小,河道多呈条带状分布,向东南向展布,发育心滩、河道充填、河漫滩等微相,心滩发育明显减少(图 7e)。

MSC8 沉积时期,发育辫状河三角洲平原亚相,辫状河道同样以条带状分布于研究区内,主要发育河道充填、河漫滩等微相,心滩不发育,河道向东南向展布(图 7f)。

MSC9 沉积时期,发育辫状河三角洲平原亚相,河道规模较 MSC8 时期有所增大,主要发育心滩、河道充填、河漫滩等微相,心滩规模较大,河道向东南向展布(图 7g)。

MSC10 沉积时期,研究区迎来一次大规模湖侵,此时发育三角洲前缘亚相,属于水下沉积环境,主要发育水下分流河道、水下分流间湾、河口砂坝等微相。由于湖平面上升,湖岸线朝物源方向推移,再向上逐渐过渡为湖泊相(图 7h)。

3.2 沉积演化

研究区古近系沙河街组沙三段-沙二段具有辫状河三角洲沉积特征。在对沉积微相做了详细的分析后,对比前人在相关地区的研究成果,结合层序发育特征、该地区的构造演化^[4,24]、气候变化^[25]、沉积背景(图 8)以及古生物特征^[26-29],对研究区沙三段-沙二段沉积在该段时期的演化过程概述如下。

MSC1、MSC2 沉积时期,与沙三下段($E_s^{3-下}$)沉积时期相对应,此时工区处于湖盆断陷扩张初期,孢粉组合以喜热湿生的三角孢属,以及亚热带、温带的小亨氏栎粉属、小榆粉、胡桃粉为主,表明此时期气候温暖湿润,水域面积广,此时期主要发育水下沉积环境,以三角洲前缘亚相为主。

MSC3 时期相当于沙三中段($E_s^{3-中}$)沉积阶段,发育紫色泥岩与灰色砂岩沉积,并且此时喜热湿生三角孢属大量出现,气候温暖湿润,物源充足,构造有所抬升,此时研究区主要发育辫状河三角洲平原亚相沉积为主。

MSC4、MSC5、MSC6 沉积时期,对应于沙三上段($E_s^{3-上}$)沉积。MSC4 时期,水体继续变浅,辫状河道向西移动,还是发育辫状河三角洲平原亚相,孢粉以热带-亚热带湿生三角孢属为主;MSC6 沉积时期逐渐进入断陷萎缩抬升期,构造抬升运动持续增强,,气候逐渐变干,物源供给有所减少,湖面持续下降,辫状河道规模逐渐萎缩。

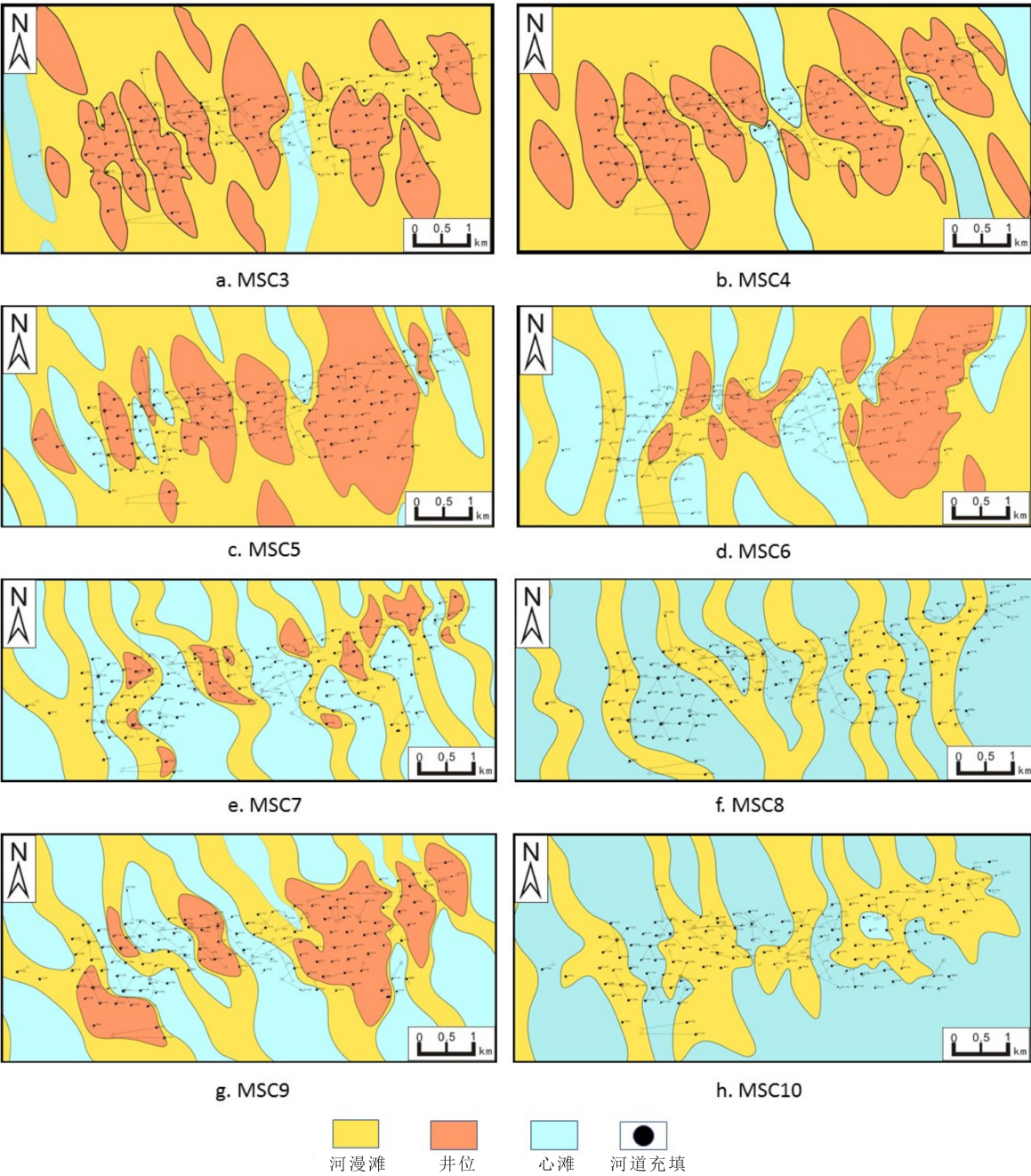


图 7 沉积微相平面展布图

Fig. 7 Planar distribution of representative sedimentary microfacies in the Palaeogene Shahejie Formation in the Xiliu-10 fault block

MSC7、MSC8、MSC9 沉积时期,与沙二下段($E_s^{2-下}$)沉积相对应。MSC7、MSC8 时期处于断陷萎缩抬升期,构造抬升,生物孢粉组合以麻黄、芸香粉属以及代表干热气候褶皱藻属的大量出现,该时期属于热-亚热带干热气候,在干旱条件下,降水减少,河流流量减少,物源供给不足,仍然发育辫状

河三角洲平原亚相,但辫状河道规模明显缩减,辫状河道多呈条带状分布。MSC9 时期,构造作用减弱,气候逐渐转为温暖,河道规模有所增大。

MSC10、MSC11 沉积时期,相当于沙二上段($E_s^{2-上}$),此时还处于断陷萎缩抬升期,由于沙二晚期的断坳作用,以及温带沼生的紫萁孢属出现,喜热

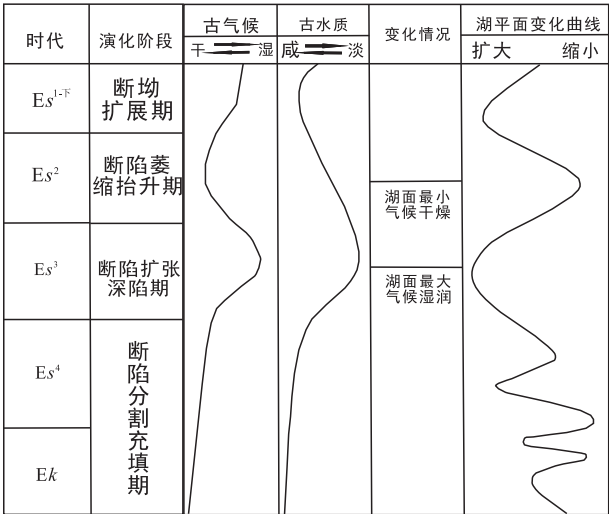


图8 古近系气候及湖平面变化图(据张文朝等^[25]修改)

Fig. 8 Palaeoclimatic and lake-level changes during the Palaeogene (modified from Zhang Wenzhao et al., 2001)

湿生三角孢属大量出现,表明该时期气候温暖潮湿,湖面迅速扩大,研究区迎来一次大规模湖侵作用,沙二上段演变为三角洲前缘亚相沉积,随着湖侵作用进一步加强,向上逐渐演化为滨浅湖沉积。

4 结论

(1)根据测井、岩心、地震等资料等识别标志,识别出对应的层序界面,将研究层段划分为4个Ⅲ级旋回,11个Ⅳ级旋回,32个Ⅴ级旋回。Ⅲ级旋回、Ⅳ级旋回呈现对称型旋回,Ⅴ级旋回呈现不完全对称型旋回。

(2)研究区沙河街组主要为陆源碎屑沉积,沉积物岩性以细砂岩、粉砂岩及泥岩为主,发育辫状河三角洲平原、三角洲前缘。通过对沉积微相研究,划分出7种沉积微相,主要包括心滩、河漫滩、河道充填、河道边缘、水下分流河道、河口砂坝、水下分流间湾。

(3)研究区沙河街组沙三段-沙二段, MSC1、MSC2时期,以水下沉积环境为主,发育三角洲前缘亚相; MSC3- MSC6时期,气候湿润,物源充足,主要发育辫状河三角洲平原亚相; MSC7- MSC9时期气候变干,构造抬升,同样发育辫状河三角洲平原亚相,但辫状河道规模明显萎缩,河道多以条带状分布于研究区; MSC10、MSC11时期,气候转温暖,研究区迎来一次大规模湖侵作用,此时主要发育三角洲前缘亚相。在整个沉积时期内,主要经历湖退到湖

进的演变过程。

参考文献:

[1] 杜美霞. 层序地层学原理及其在油气勘探开发中的应用[J]. 内蒙古石油化工, 2016, 42(7): 151-152.

[2] 杨帆, 于兴河, 张峰, 等. 冀中坳陷饶阳凹陷蠡县斜坡带层序地层发育模式及主控因素[J]. 古地理学报, 2010, 12(1): 82-89.

[3] 周路, 左虎, 张峰, 霍丽丽, 陆鹏. 蠡县斜坡沙河街组构造及其演化特征[J]. 成都: 西南石油大学学报(自然科学版), 2009, 31(6): 8-12.

[4] 简陈辉. 蠡县斜坡沙河街组层序地层学研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2012.

[5] 刘金龙, 李胜利, 于仁江, 吕俊平, 曹斌. 饶阳凹陷蠡县斜坡高43井区沙三上亚段沉积微相研究[J]. 中国科技论文, 2016, 11(21): 2393-2401.

[6] Cross T A. Controls on Coal Distribution in Transgressive-regressive Cycles, Upper Cretaceous, Western Interior, U. S. A. [J]. Special Publications, 1988, 42: 371-380.

[7] 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, (2): 89-97.

[8] 郑荣才, 彭军, 吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J]. 沉积学报, 2001, (2): 249-255.

[9] 邓宏文, 王洪亮, 李熙喆. 层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, (3): 177-184.

[10] 李欢, 邹灏, 李欣宇, 黄澎涛, 张强, 殷栋法, 司马献章, 俞弼安. 准噶尔盆地东缘中侏罗统头屯河组层序地层与沉积演化[J]. 沉积与特提斯地质, 2018, 38(1): 41-52.

[11] 曾恒英. 西柳10断块沙三上亚段层序地层学及沉积微相研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2016.

[12] 冯增昭, 王英华, 刘焕杰等. 中国沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994. 427-456.

[13] 朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008.

[14] 曹广华, 胡亚华, 张奇文, 韩刚. 利用测井资料识别沉积微相方法研究[J]. 科学技术与工程, 2007, (15): 3674-3680.

[15] 冯超, 彭俊, 赵杰. 沉积微相的测井响应特征[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2013, 34(4): 126+43.

[16] 张大智, 纪友亮, 韩春元, 初丽兰, 倪超. 饶阳凹陷沙河街组辫状河三角洲沉积特征及储集性[J]. 中国地质, 2009, 36(2): 344-354.

[17] 张勇, 国景星. 辫状河心滩特征及其与河道充填的识别——以大芦家地区馆三段为例[J]. 石油天然气学报, 2011, 33(10): 25-29+165.

[18] 杨帆, 邹才能, 侯连华, 于兴河, 李胜利. 坳陷湖盆浅水三角洲沉积特征与油气成藏研究——以饶阳凹陷蠡县斜坡为例[J]. 特种油气藏, 2012, 19(3): 26-30+152.

[19] 李瑞嵩. 蠡县斜坡沙河街组沙二段至沙一下亚段物源分析及沉积相特征[D]. 成都: 西南石油大学, 2012.

[20] 李琪,吴少波,吕翠艳,崔刚. 蠡县斜坡中北部古近系沙三段沉积相研究[J]. 长江大学学报(自科版),2013,10(32):33-36.

[21] 代美林. 饶阳凹陷蠡县斜坡沙河街组沉积微相研究[D]. 北京:中国石油大学(北京),2016.

[22] 陈骥,徐凤强,刘超,等. 蠡县斜坡沙三上亚段与沙一下亚段沉积特征及有利储层分布[J]. 岩性油气藏,2016,28(5):91-98.

[23] 陈贺贺,朱筱敏,黄捍东,施瑞生,罗亚能,崔刚. 基于碎屑锆石定年的饶阳凹陷蠡县斜坡沙河街组物源分析[J]. 地球科学,2017,42(11):1955-1971.

[24] 李辉. 饶阳凹陷蠡县斜坡带油气成藏特征研究[D]. 北京:中国石油大学(北京),2016.

[25] 张文朝,崔周旗,韩春元,等. 冀中拗陷老第三纪湖盆演化与油气[J]. 古地理学报,2001,(1):45-54.

[26] 蔡治国,郑国光. 冀中油气区第三纪地层及微体古生物群[M]. 北京:科学出版社,1998.

[27] 张一勇. 中国早第三纪孢粉植物群纲要[J]. 古生物学报,1995,(2):212-227.

[28] 陶明华,王开发,郑国光,支崇远. 冀中拗陷早第三纪孢粉组合及地质时代讨论[J]. 微体古生物学报,2001,(3):274-292.

[29] 袭著纲,国景星,赵晓颖. 冀中拗陷饶阳凹陷中北部古近纪沙河街组古生态分析[J]. 地球科学与环境学报,2011,33(4):358-363.

Sequence stratigraphy and sedimentary evolution of the 3rd and 2nd members of the Palaeogene Shahejie Formation in the Xiliu-10 fault block, Raoyang depression, central Hebei

WANG Xuxu, ZHANG Tingshan, ZHANG Xi, SUN Wenzhao
(School of Geoscience and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, Sichuan, China)

Abstract: Sequence stratigraphic division, sedimentary characteristics, and sedimentary facies distribution and evolution are examined in detail on the basis of high-resolution sequence stratigraphic theory, cores and well logs for the 3rd and 2nd members of the Palaeogene Shahejie Formation in the Xiliu-10 fault block, Raoyang depression, central Hebei. The 3rd and 2nd members of the Palaeogene Shahejie Formation may be divided into 4 third-order cycles, 11 fourth-order cycles and 32 fifth-order cycles. Lithologically, the rock types dominantly contain fine-grained sandstone, siltstone and mudstone. The sedimentary environments consist of the braided delta plain and delta front subfacies, which may be subdivided into 7 sedimentary microfacies, including the channel bar, channel filling, overbank, channel margin, subaqueous distributary channel, subaqueous interdistributary bay and channel mouth bar microfacies. Combined with the regional tectonic evolution and sedimentary background, it is believed that the 3rd and 2nd members of the Palaeogene Shahejie Formation mainly experienced the evolutionary processes from the regression to the transgression during their deposition.

Key words: Xiliu-10 fault block; Palaeogene; Shahejie Formation; sequence stratigraphy; sedimentary evolution