

文章编号:0253-9985(2010)05-0567-09

辽河盆地滩海地区东营组沉积特征与演化

孟卫工

(中国石油天然气股份有限公司 辽河油田分公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要:综合岩心、钻井、地震等资料,运用现代沉积学的思路和方法,对辽河盆地滩海地区古近系东营组沉积体系特征进行了分析,认为在东营组沉积时期滩海地区共发育扇三角洲、辫状河三角洲、三角洲、湖泊、滩坝以及湖底扇6种沉积类型。沉积体系的时空分布和演化特征受控于构造背景和湖平面变化。东营组三段沉积时期盆地沉降幅度大,为湖盆扩张早期,研究区沉积相以扇三角洲、辫状河三角洲、湖底扇为主;东营组二段沉积时期为湖盆扩张时期,但构造活动减弱,湖盆变浅,研究区沉积相以辫状河三角洲及滨浅湖-滩坝为主;东营组一段沉积时期为湖盆收缩期,除局部深凹为滨浅湖-滩坝沉积外,广泛发育辫状河三角洲沉积。

关键词:东营组;沉积特征;沉积体系;沉积演化;辽河盆地

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

Sedimentary features and evolution of the Dongying Formation in the tidal area of the Liaohe Basin

Meng Weigong

(CNPC Liaohe Oil Company, Panjin, Liaoning 124010, China)

Abstract: An analysis was carried out on the sedimentary features of the Paleogene Dongying Formation in the tidal area of Liaohe Basin based on core, drilling and seismic data as well as modern sedimentology concepts and methods. Six sedimentation types are identified in the Dongying Formation in the tidal area, namely fan delta, braided delta, delta, lake, beach bar and sublacustrine fan. The temporal and spatial distribution as well as the evolutionary features of the sedimentary system in the Formation was controlled by the structural background and lake level variation. The third member of the Formation was deposited in the early stage of lake expansion when the basin was experiencing the most intense subsidence. The sedimentary facies are dominated by fan delta, braided delta and sublacustrine fan. The second member was formed during the lake expansion when the tectonic movement weakened and the lake basin was shallower. Sedimentary facies during the time were mainly braided delta and shallow lake-beach bar. The first member was deposited during lake shrinking and braided delta dominated except for shallow lake-beach bar in local deep sags.

Keywords: Dongying Formation, sedimentary feature, sedimentary system, sedimentary evolution, Liaohe Basin

1 地质概况

辽河盆地滩海地区位于辽东湾北部,是辽河盆地向海域的自然延伸,其地质特点与辽河盆地陆上部分相似,具有典型的陆相断陷盆地特征^[1],自西向东依次为西部凹陷,中央凸起带和东部凹陷,与辽河盆地陆上部分一一对应^[2~4]。受燕南

断裂和海南断裂两条一级断裂控制,滩海地区发育八个北东走向的二级构造带,即西部斜坡带、笔架岭构造带、海南洼陷、海南断鼻构造带,中央凸起、盖州滩断鼻构造带、盖州滩洼陷、太阳岛断裂-背斜构造带,总面积为3 506 km²(图1)。

研究区在古近纪自下而上接受了房身泡组、沙河街组和东营组的巨厚沉积。其中东营组为重要目的层段,总体可划分为3段,岩性表现出“两粗夹

收稿日期:2010-06-02。

作者简介:孟卫工(1963—),男,博士、教授级高级工程师,石油地质。

基金项目:国家科技重大专项(2008ZX05009-002)。

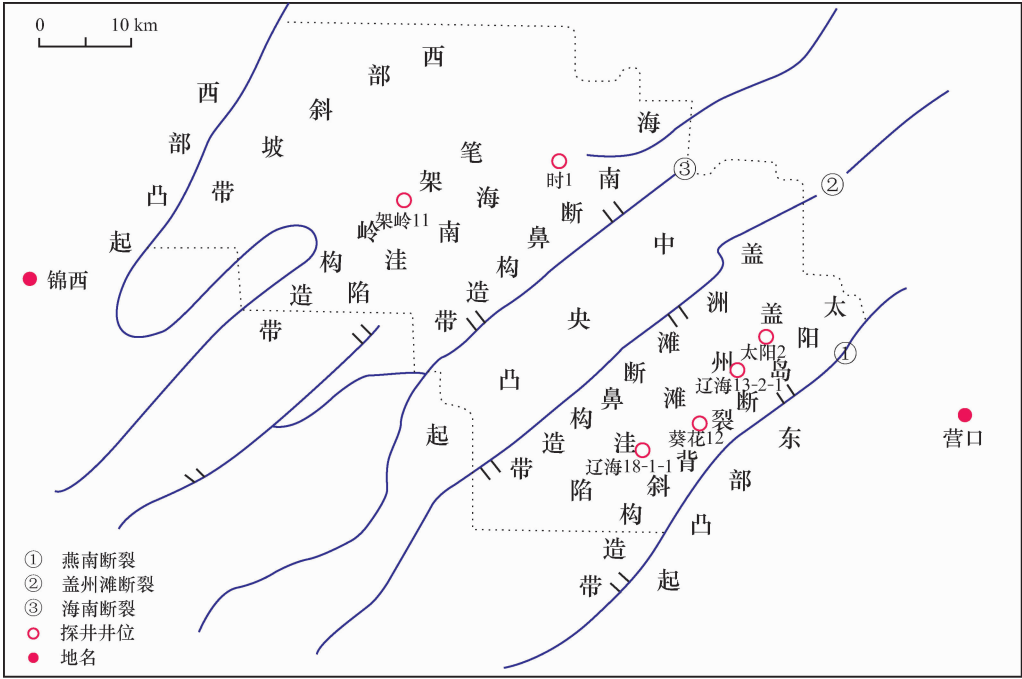


图 1 辽河盆地滩海地区构造单元(据朱筱敏,2000)

Fig. 1 Sketch map showing the tectonic units in the tidal area of the Liaohe Basin(modified from Zhu Xiaomin,2000)

一细”的特点,即东营组一段和东营组三段粒度粗,东营组二段粒度细。东营组三段主要为深灰色泥岩与灰色砂岩、砂砾岩互层;东营组二段主要为深灰色泥岩夹灰色、浅灰色薄层粉砂岩、粉砂质泥岩;东营组一段主要由灰色、灰绿色泥岩与灰色砂砾岩组成。

受喜马拉雅构造运动的多期幕次影响,辽河盆地滩海地区在古近纪有 3 个主要裂陷伸展构造幕^[5]:伸展Ⅰ幕(房身泡—沙四期)、伸展Ⅱ幕(沙三—沙一期)和伸展Ⅲ幕(东营期)。其中伸展Ⅲ幕东营组沉积时期,盆地演化处于断陷活动衰减阶段(断—拗转换阶段),此时盆地断裂活动程度减缓直至停止,盆地整体下沉作用明显,盆地与周边物源区高差降低,从而发育了一系列较浅水沉积体系^[6]。

2 沉积类型

从岩心观察描述入手,综合研究其岩性、岩相、沉积构造及沉积序列特征,进行单井相及剖面分析,结合测井相、地震相特征,确定研究区东营组发育扇三角洲、辫状河三角洲、三角洲、湖泊、滩坝、湖底扇 6 种沉积相类型。

2.1 扇三角洲

扇三角洲系指从高地直接推进到蓄水盆地中

的冲积扇^[7,8]。由于扇三角洲紧邻剥蚀物源区,其发育位处控凹断层上、下盘高差大,沉积物供给充分,故其沉积物多砂砾混杂,泥质含量高^[9],主要为互层的灰色、灰白色砂砾岩、细砂岩、灰色粉砂岩与灰、紫红色泥岩。砂岩粒度较粗,具较低的成分成熟度,反映近源的特点。沉积构造以平行层理,槽状交错层理为主,扇三角洲前缘可见不清楚的楔状交错层理,冲刷面常见,反映牵引流为主的水动力机制。

自然伽马曲线呈前积式和加积式高异常幅度组合,下部一般为连续的向上异常幅度增大的漏斗形组合,中部呈箱型组合,上部变为厚度不大的箱型或钟形与平直曲线组合,反映了从扇三角洲前缘到扇三角洲平原的相变过程。地震剖面上垂直到物源方向显示为丘状外形,平行物源方向为楔形或斜交前积反射结构。

2.2 辫状河三角洲

辫状河三角洲系指辫状河体系进积到蓄水盆地中形成的富含砂砾岩的碎屑三角洲。研究区内辫状河三角洲沉积广泛发育,且主要发育于东营组三段和一段沉积时期。其岩性主要为灰色、灰黄色含砾砂岩、砂岩、粉砂岩与灰色泥岩不等厚互层,局部发育黑色炭质泥岩、薄煤层。可见反映水动力较强、快速堆积的块状层理、平行层理以及水动力较

弱形成的波状、透镜状、脉状及砂纹交错层理,冲刷充填构造尤为常见,主要由砾级沉积物冲刷下伏细粒沉积岩所致,冲刷面波状起伏(图2)。块状层理与平行层理主要存在于含砾砂岩及中细砂岩之中,波状、透镜状、砂纹层理主要出现在粉砂岩与泥质粉砂岩之中,富含炭质碎屑,且生物扰动、反映暴露环境的根系古土壤也比较常见。砂岩成分成熟度较低,石英含量一般为15%~30%,长石含量为18%~50%,岩屑含量为20%~70%,岩石以长石岩屑杂砂岩为主。辫状河三角洲具明显进积结构^[10],伽马曲线上一般表现为由前辫状河三角洲、辫状河三角洲前缘、辫状河三角洲平原沉积构成的下细上粗的反旋回进积沉积序列(图3)。

2.3 三角洲

湖泊三角洲是由河流入湖形成的陆源碎屑沉

积体^[11,12],辽河盆地滩海地区三角洲沉积主要发育在研究区北部双台子河、海外河地区,沿盆地长轴方向展布。岩性以灰色粉、细砂岩,灰色、灰绿色泥岩为主,砂岩发育斜层理、楔形交错层理、块状层理,粉砂岩中可见小型槽状交错层理、小型水流波痕、波状层理和水平层理,古生物有反映浅水环境的弯脊东营介、唇形脊东营介,植物炭屑丰富。伽马曲线在垂向上以向上变粗的反旋回进积式序列为特征,地震剖面上可见S型前积和斜交前积反射。

2.4 湖泊

湖泊是大陆上地形相对低洼和流水汇集的地域,湖泊拦截了由河流搬运的大量沉积物,是大陆沉积物堆积的重要场所^[13]。包括滨浅湖和半深湖-深湖亚相2种类型。其中滨浅湖由褐色、灰褐色泥岩夹灰绿色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩组成,发

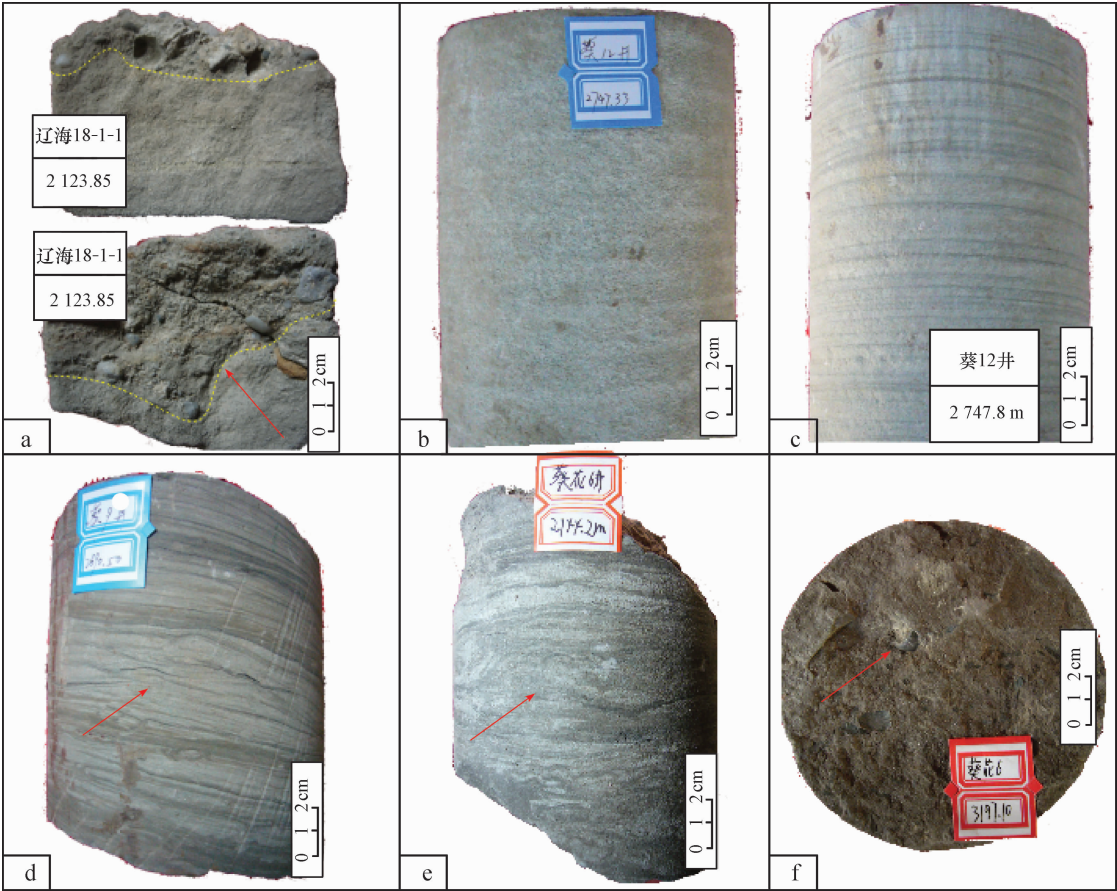


图2 辽河盆地滩海地区辫状河三角洲沉积岩心特征

Fig. 2 Cores of braided delta deposits in the tidal area of the Liaohe Basin

a. 辫状河三角洲前缘水下分流河道,不规则冲刷面;b. 辫状河三角洲前缘水下分流河道,中-粗砂岩,块状层理;c. 辫状河三角洲前缘水下分流河道,灰色中砂岩,平行层理;d. 辫状河三角洲前缘河口坝,灰色细砂岩,砂纹层理;e. 辫状河三角洲前缘远砂坝,波状交错层理及生物扰动构造;f. 辫状河三角洲平原,灰褐色泥岩,腹足类化石

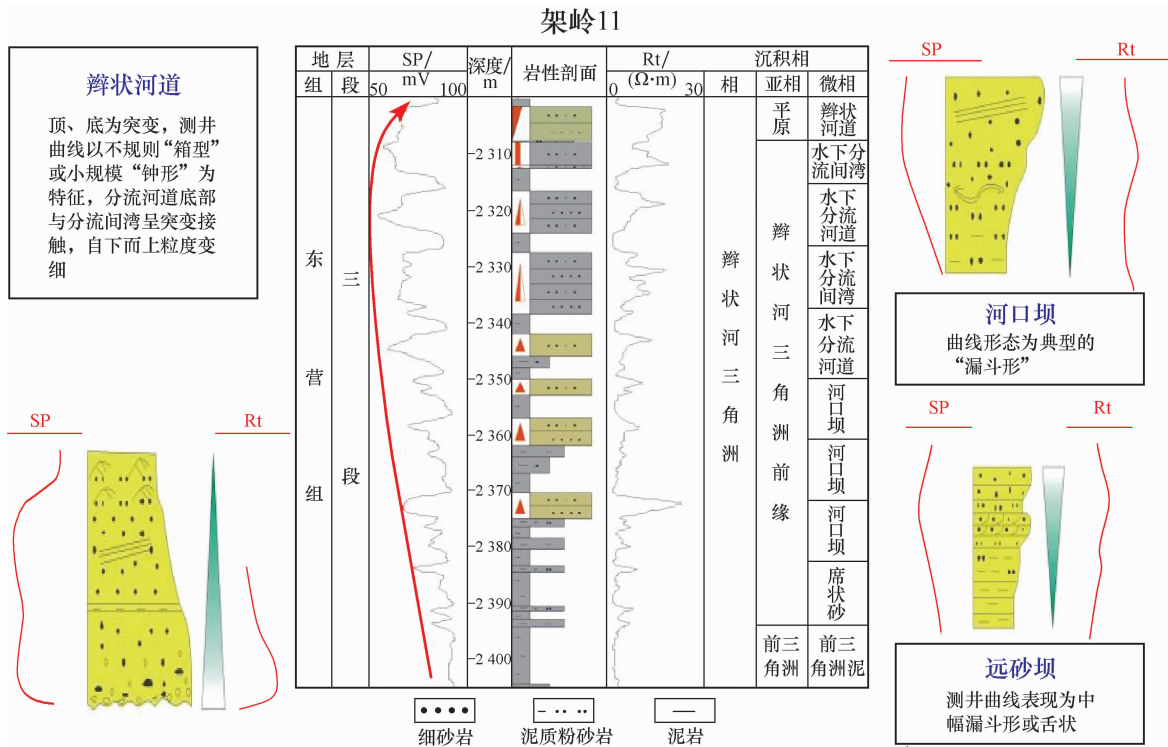


Fig. 3 Sedimentary facies of the third member of the Dongying Formation in Jialing-11 well in the tidal area of the Liaohe Basin

育砂纹层理、包卷层理和波痕构造，垂直或倾斜生物潜穴构造，以及干裂、鸟足迹等暴露标志。半深湖-深湖主要发育于海南洼陷和盖州滩洼陷地区，岩性以广泛分布的灰黑色、质纯泥岩为特征，地震剖面可见中-强振幅、连续性较好的平行-亚平行席状反射，反映稳定低能的沉积环境。

2.5 滩坝

滩坝砂体主要发育于沉积物源丰富、古地形差异较小、波浪作用持续稳定的场所^[14]。研究中把滩坝从湖相沉积中单独划分出来。滩坝沉积主要发育于研究区东营组二段，岩性为细砂岩和粉砂岩与泥岩频繁互层，包括灰绿色、灰褐色泥岩，以及灰色泥岩和粉、细砂岩。砂岩中稳定矿物石英含量为 67%~92%，平均为 81%，不稳定矿物长石和岩屑分别为 7%~12%和 9%~16%，泥质含量为 2%~8%，具有相对较高的成分成熟度和结构成熟度，反映了被波浪反复冲洗改造的结果。棕褐色和灰绿色泥岩多呈块状，而灰色泥岩多具水平层理。粉砂岩中常见波状砂纹层理，压扁层理、透镜状层理、楔形层理，生物扰动构造极为发育，垂直虫孔常见，虫孔直径为 3~6 mm。细砂岩

中可见平行层理，冲洗交错层理。粉细砂岩中可见大量蚌、螺化石碎片，反映水动力较强的“坝”沉积环境，而棕褐色、灰绿色泥岩常含较完整蚌、螺化石，淋滤型古土壤常见，植物根系大量发育，反映水体较为安静的“滩”环境（图 4）。此外，砂泥间互频繁，接触关系多为渐变式接触，垂向上具下细上粗的反旋回序列，岩心观察所有井的砂岩底部未见冲刷面。在自然电位曲线和伽马曲线上，多见宽幅正向指形和齿化的漏斗形，或异常幅度较高的“尖刀状”指形密集组合，整体构成向上异常幅度加大的反旋回。在地震反射剖面上，滩坝沉积响应于底平顶凸、横向展布宽的丘状反射和滩状反射，其内部为具中等振幅、较好连续性的微波状起伏的亚平行结构。

2.6 湖底扇

湖底扇是深水重力流成因的扇状碎屑岩体，又被称为浊积扇^[15]，地理位置多处于深水地区。研究区东营组三段沉积时期，西部凹陷斜坡带、东部凹陷盖州滩、葵太地区物源充足，且断裂发育，地形仍然较陡，由于断层的活动，粗碎屑物质直接进入断层下盘的较深水体中形成湖底扇^[16]。由于沉积物

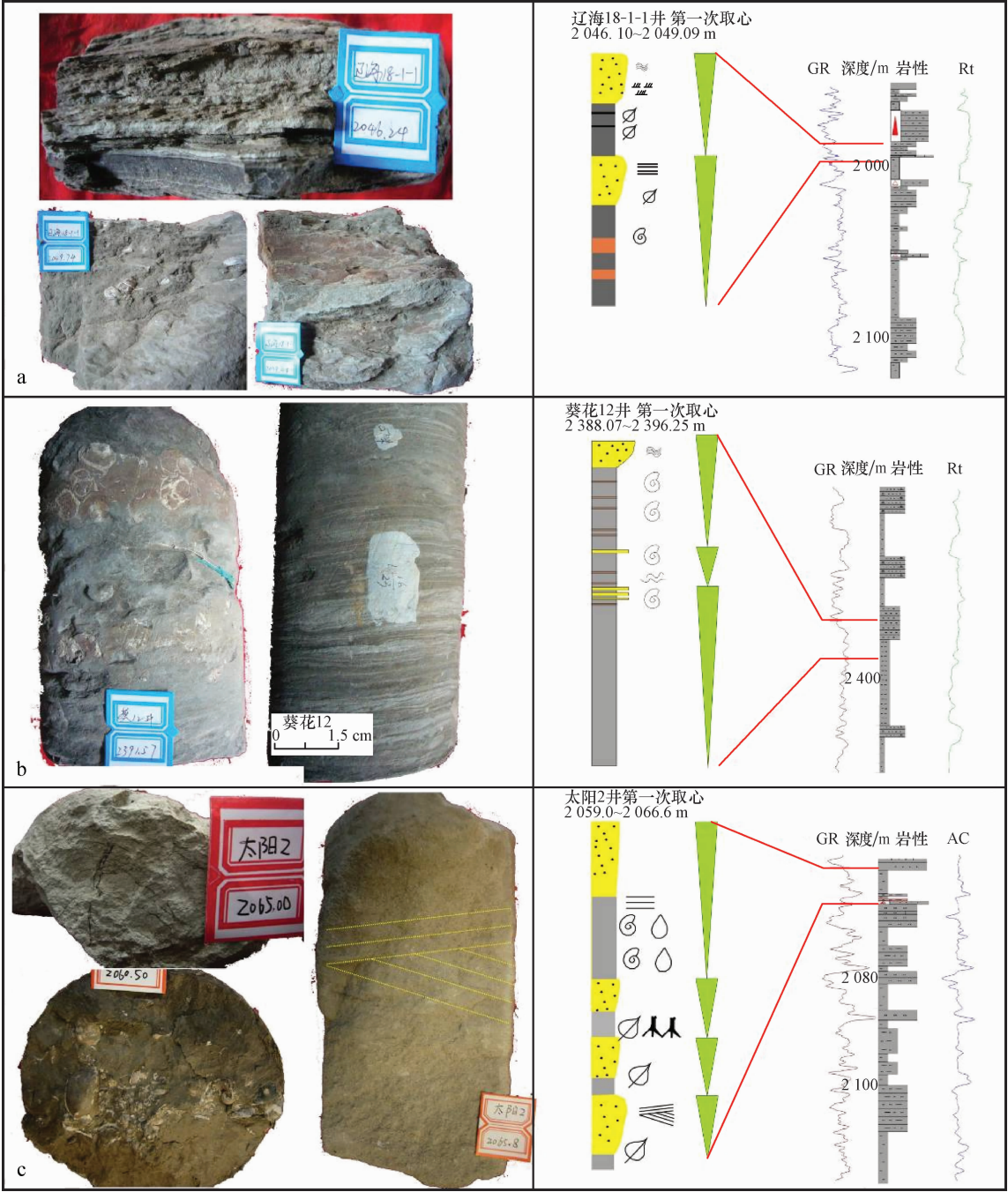


图4 辽河盆地滩海地区东营组二段滩坝沉积体系岩-电识别标志

Fig. 4 Identification of beach bar deposits in the Dongying Formation of tidal area, the Liaohe Basin

快速堆积,一般缺乏稳定的水道,多形成一系列水下辫状水道区。其岩性以中薄层灰色中、细砂岩、砂砾岩与泥岩互层为特征,泥岩呈灰色或深灰色,发育水平层理,质纯,见少量双壳类化石。测井曲线上呈中幅尖齿状(薄层)或箱型(厚层)。地震剖面上呈丘状、透镜状杂乱前积反射(图5),一般分布较孤立,在凹陷中心,斜坡或断层下盘处多发育。在湖底扇砂体中,辫状水道砂体是最有利的油气储集体^[17]。

3 沉积演化

通过对岩心精细观察描述与分析、单井相分析、连井剖面相分析、砂岩含砂率图、地层厚度、古地貌分析和物源分析以及相关地震属性分析,运用沉积学原理,采用单因素分析多因素综合作图法,绘制了东营组各段沉积相平面分布图。认为研

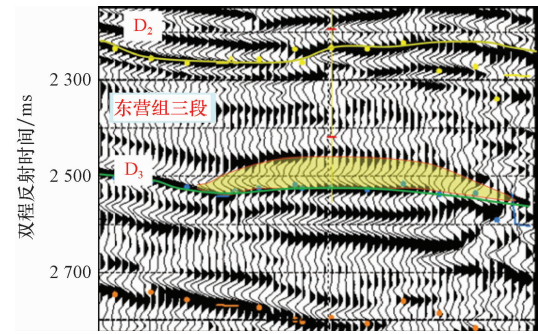


图 5 辽河盆地滩海地区东营组湖底扇地震反射特征
Fig. 5 Seismic reflectance features of sublacustrine fan facies in the Dongying Formation of tidal area,the Liaohe Basin

究区东营组时期为湖盆由断陷向坳陷转变的过渡阶段,湖盆经历了湖盆裂陷、扩张、收缩的过程,整个东营组沉积相在时空分布上具有继承性和变化性。

3.1 东营组三段

辽河盆地位于郯庐断裂带内,靠近渤海湾盆地中央,地幔隆起较高,热沉降发生较早,沉降幅度较大,而且热沉降还受郯庐断裂右旋走滑应力

场的叠加^[18~20]。因此盆地沉降幅度大,沉积了巨厚的东营组湖相沉积,东营组沉积时期为湖盆由断陷向坳陷的过渡阶段,构造活动中断块运动明显减弱,代之以大面积的翘倾抬升,整个湖盆西北隆升、东南倾没,沉降中心和沉积中心向南迁移,形成了北高南低、西高东低的地形特征。其中,东营组三段沉积时期为湖盆扩张早期,湖盆范围尚小,沉积中心与深湖区继承了沙河街组沉积时期展布特点,具有较强的分割性,分布在盖州滩洼陷及海南洼陷中,但分割性不如前期明显。研究区北部长轴方向物源开始伸入滩海地区,但地势相对平缓,发育曲流河-三角洲-湖泊沉积体系,同时东部凹陷燕南断裂、盖州滩断裂活动依然较强,依然保持着沙河街期陡且窄的断陷特征,自东部凸起物源区向盆地依次发育辫状河三角洲-湖泊-湖底扇沉积体系,西部凹陷海南断裂及笔架岭潜山地区,山区河流直接入湖,形成扇三角洲-湖底扇-湖泊沉积体系,西部凹陷西斜坡带,湖盆地形相对较缓,发育了辫状河三角洲-湖泊-湖底扇沉积体系(图 6)。

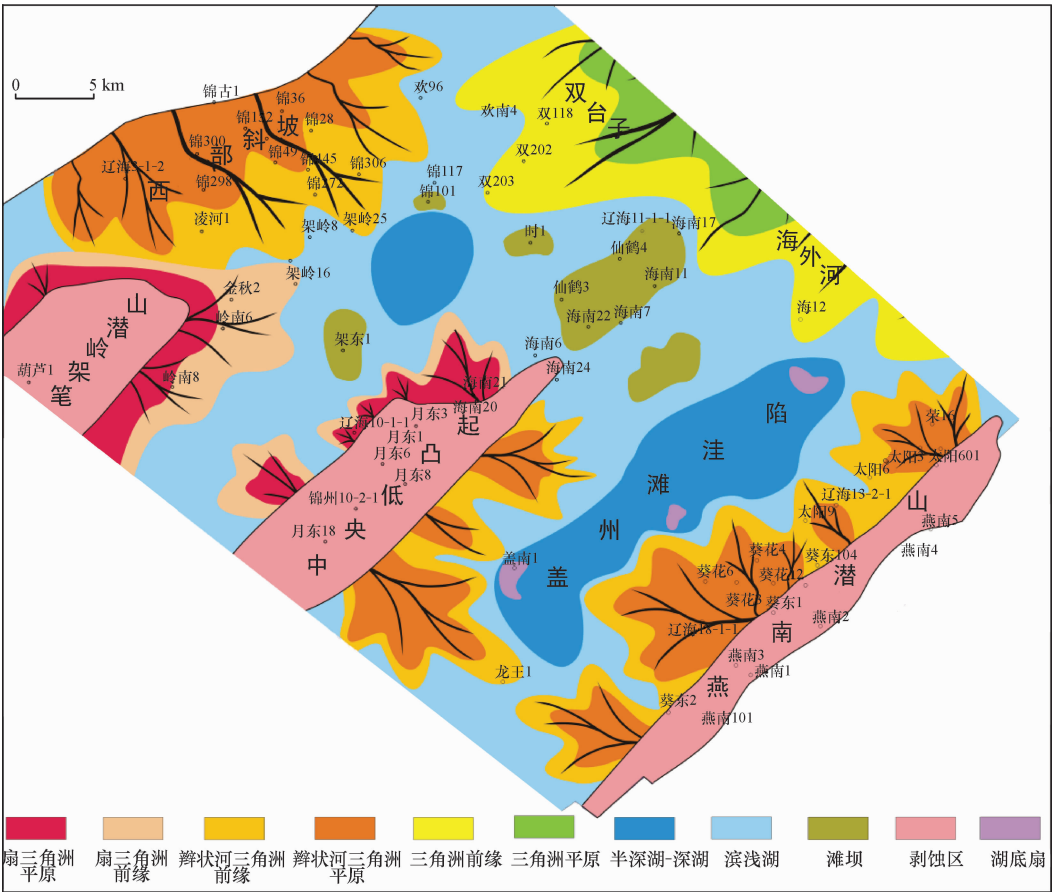


图 6 辽河盆地滩海地区东营组三段沉积相
Fig. 6 Sedimentary facies of the third member of the Dongying Formation in tidal area of the Liaohe Basin

3.2 东营组二段

东营组二段沉积时期湖侵作用明显,湖平面达到最大,湖盆形态由深而小的碗型转变为浅而小的碟形,滩海地区东西部分割湖盆连为一体,中央凸起只在滩海地区南部小部分地区出露,此时,沉积中心仍位于盖州滩洼陷。东部凸起物源区、西部凸起物源区和北部凸起物源区依然存在,北部长轴方向仍有大量古水系,古河流流量稳定,物源丰富,为三角洲提供持续的物源供给,发育了曲流河-三角洲-湖泊沉积体系。东部凹陷由于边界断层燕南断层活动相对较弱,湖盆边缘坡度变缓变宽,除发育一个小型三角洲外,主要为滨浅湖-滩坝沉积体系。而西部凹陷缓坡带自西

部凸起向湖盆方向发育辫状河三角洲-湖泊沉积体系。中央凸起两侧的海南断裂活动依然很强,形成陡且窄的凸起与湖盆之间的过渡带,自中央凸起向湖盆方向发育扇三角洲-湖泊沉积体系(图7)。

3.3 东营组一段

东营组一段沉积时期,构造活动弱,由于湖盆周缘隆起区的长期剥蚀,地势低平,但北高南低的古地形依然存在,东部凹陷自东部凸起向湖盆方向发育辫状河三角洲-湖泊沉积体系,湖盆已经变得很小,仅在深凹区发育滨浅湖沉积。西部斜坡与北部物源伸入滩海腹地,发育面积广阔的辫状河三角洲沉积-滩坝-湖泊沉积体系,笔架岭物源区依然发育扇三角沉积体系(图8)。

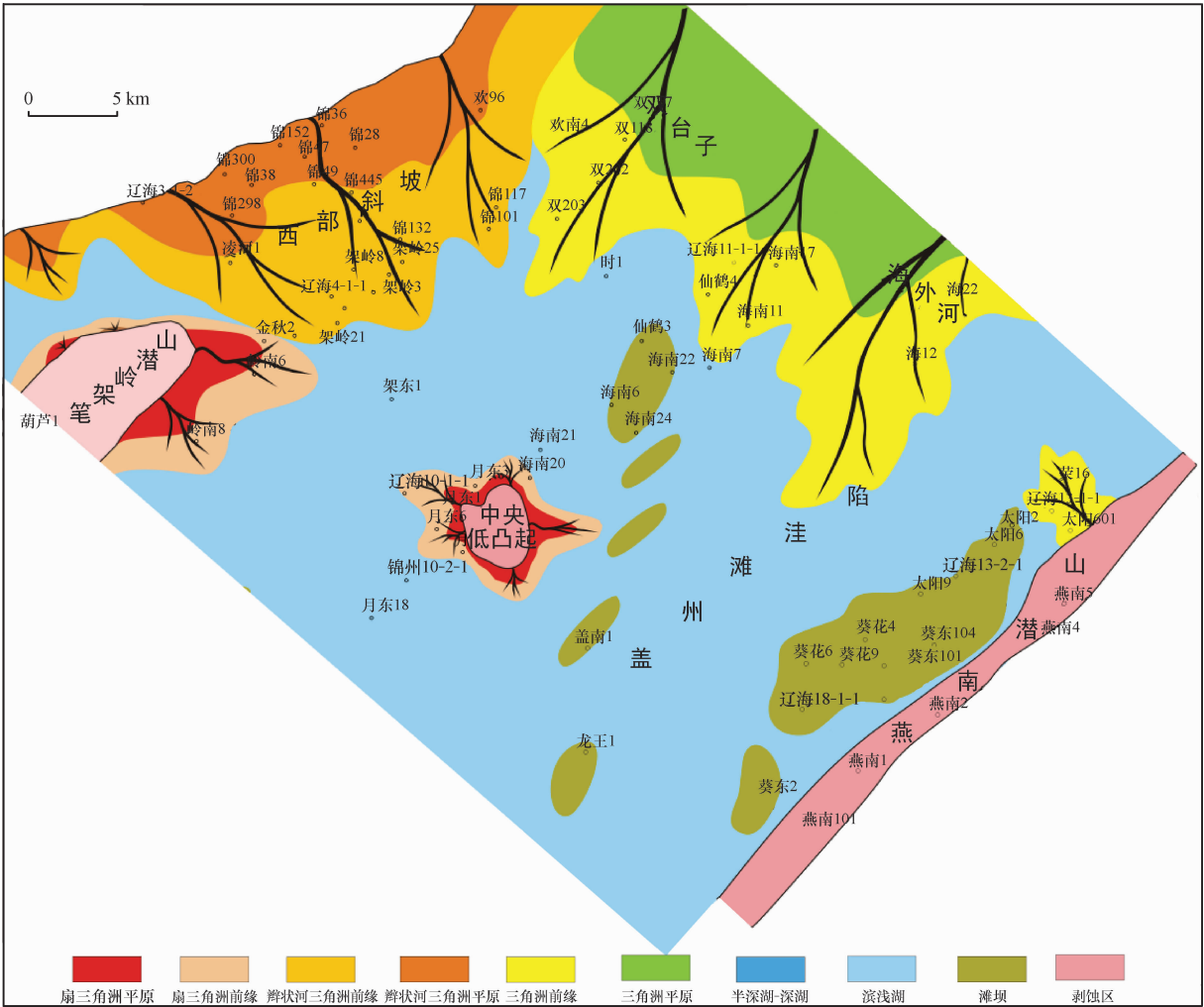


图7 辽河盆地滩海地区东营组二段沉积相
Fig. 7 Sedimentary facies of the second member of the Dongying Formation in tidal area of the Liaohe Basin

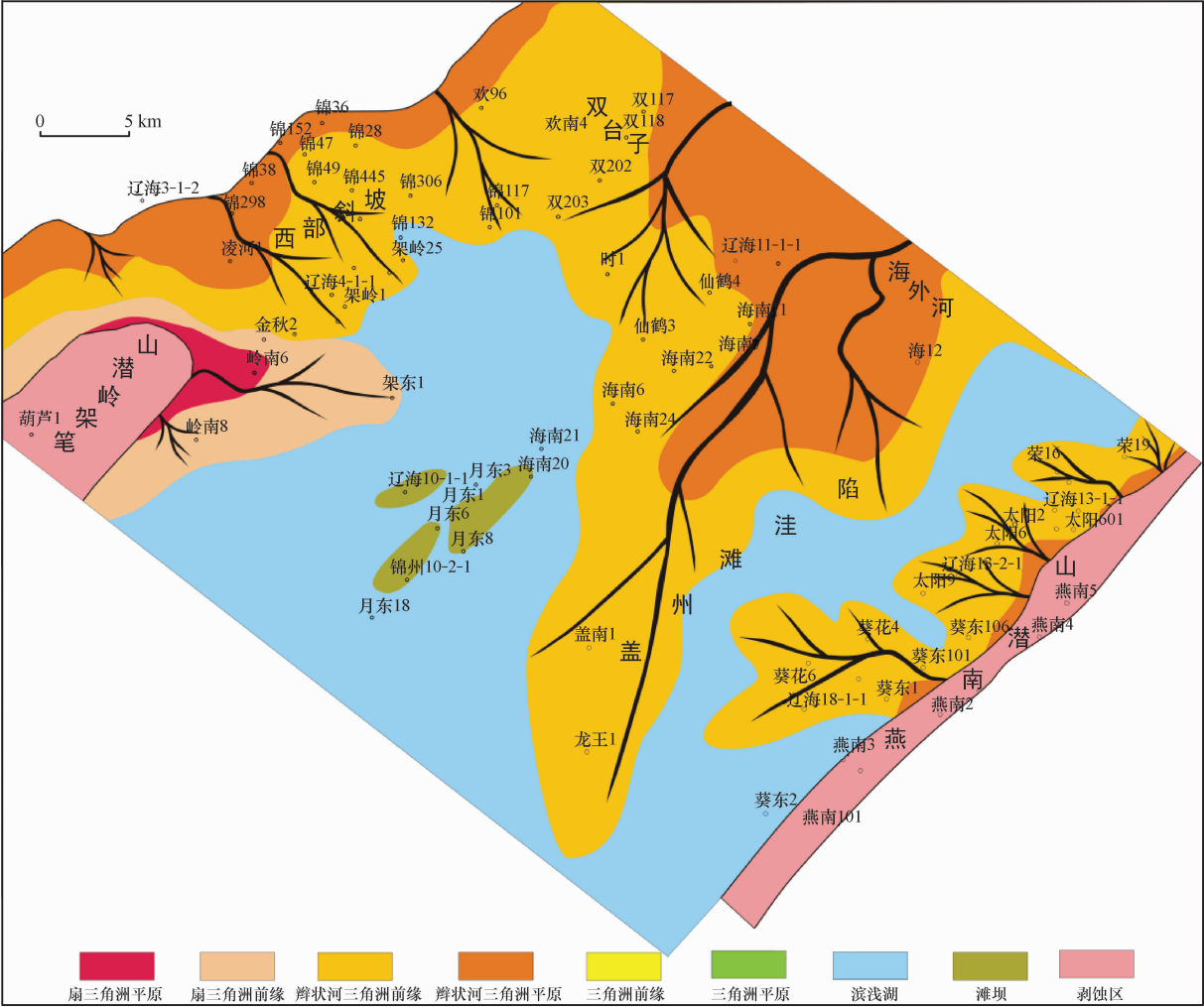


图 8 辽河盆地滩海地区东营组一段沉积相

Fig. 8 Sedimentary facies of the first member of the Dongying Formation in tidal area of the Liaohe Basin

4 油气勘探前景

辽河盆地滩海地区具有与辽河陆上相似的石油地质条件。目前,已发现笔架岭、海南-月东、葵-太等多个含油气区带,相对于辽河陆上邻区,滩海地区勘探程度仍然较低。

滩海地区东营组内的辫状河三角洲、三角洲发育规模大,砂体分布范围广、厚度大,且区内烃源岩发育,生储盖配置良好,无疑是油气勘探的有利目标。此外,在近些年来的油气勘探实践中,滩坝砂体已日益受到人们的重视,2005—2006 年间,仅在济阳坳陷的东营凹陷就上报滩坝砂体油藏三级储量近亿吨。辽河盆地滩海地区东营组二段广泛发育较低能振荡环境下的的滩坝-滨浅湖沉积,砂体分选磨圆均较好,具备形成岩性圈闭的条件。

考虑到东营组埋深可达 3 000 ~ 5 000 m,应采用油气并举的勘探方案。通过采用油气勘探的新方法新技术,深入、细致的研究分析,加强该地区的油气勘探,辽河盆地滩海地区将有望成为辽河盆地后续油气勘探的最重要领域。

参 考 文 献

- 1 金尚柱,孙洪斌. 辽东湾北部滩海油气地质[M]. 北京:地质出版社,2000. 2 ~ 3
- 2 刘永强,刘小龙. 冀中坳陷饶阳凹陷留西地区沙三上亚段层序地层与隐蔽油藏[J]. 石油与天然气地质,2009,30(6): 747 ~ 753
- 3 慕德梁,孟卫工,李成,等. 断陷盆地陡坡带构造样式与油气聚集——以渤海湾盆地辽河坳陷西部凹陷陡坡带为例[J]. 石油与天然气地质,2009,30(5): 635 ~ 642
- 4 徐长贵,朱秀香,史翠娥,等. 辽东湾坳陷古近系东营组泥岩对油气藏分布的控制作用[J]. 石油与天然气地质,2009,30(4): 431 ~ 437

5

廖兴明,姚继峰,于天欣,等. 辽河盆地构造演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 12~45

6

朱筱敏,王贵文,孙洪斌,等. 辽河滩海地区古近系层序地层学研究[M]. 北京:石油工业出版社,2000. 5~6

7

陈欢庆,朱筱敏,董艳蕾,等. 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[J]. 石油与天然气地质,2009,30(5):626~634

8

赵澄林. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,2000. 275~278

9

刘廷莉,邱春光,邓宏文,等. 冀东南堡凹陷古近系东营组构造对扇三角洲的控制作用[J]. 石油与天然气地质,2008,29(1):96~101

10

姜在兴,向树安,陈秀艳,等. 淀南地区古近系沙河街组层序地层模式[J]. 沉积学报,2009,27(5):931~938

11

王良忱,张金亮. 沉积环境与沉积相[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 145~146

12

Galloway W E, Hobday D K. Terrigenous clastic depositional systems (2nd Edition) [M]. New York:Springer-Verlag,1996. 6~326

13

池秋鄂,龚福华. 层序地层学基础与应用[M]. 北京:石油工业出版社,2001. 4~7

14

袁红军,陷博兴洼陷滨浅湖相滩坝砂岩储层预测[J]. 石油与天然气地质,2007,28(4):497~508

15

McPherson J C, Shanmugam G, Moiola R J. Fan-deltas and braid deltas; varieties of coarse ~ grained deltas [J]. Geological Society of America Bulletin, 1987, 99(3):331~340

16

吴小红,吕修详,周心怀,等. 黄河口凹陷浅水三角洲沉积特征及其油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质,2010,31(2):165~172

17

吴光华,王红亮,林会喜,等. 渤海湾盆地埕岛地区东营组沉积特征及其油气地质意义[J]. 石油与天然气地质,2009,30(1):33~40

18

姚光庆,陈红汉,何仕斌. 渤中地区第三系储层地质特征研究[J]. 中国海上油气(地质),2001,15(4):249~253

19

胡望水,卫拥军,张自其. 辽河盆地构造样式与圈闭发育特征[J]. 新疆石油地质,2002,23(3):197~200

20

蔡李梅,陈红汉,李纯泉,等. 济阳拗陷东营凹陷沙三中亚段流体包裹体古流体势场恢复[J]. 石油与天然气地质,2009,30(1):17~25

(编辑 张亚雄)

(上接第 566 页)

9

刘永强,刘晓龙. 冀中拗陷饶阳凹陷留西地区沙三上亚段层序地层与隐蔽油藏[J]. 石油与天然气地质,2009,30(6):747~753

10

邓宏文,王红亮,李小孟. 高分辨率层序地层对比在河流相中的应用[J]. 石油与天然气地质,1997,18(2):90~95.

11

吴小红,吕修详,周心怀,等. 黄河口凹陷浅水三角洲沉积特征及其油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质,2010,31(2):165~172

12

王起琮. 旋回层序地层的控制因素[J]. 石油与天然气地质,2009,30(5):648~656

13

罗权生,杨均奇,李森明. 吐哈盆地红南 9-12 井新发现含油气地层归属问题[J]. 新疆石油地质,2008,29(1):117~119

14

王化爱. 东营凹陷古近系岩性地层油气藏层序地层学特征[J]. 石油与天然气地质,2010,31(2):158~164

15

Brett C E. Sequence stratigraphy, biostratigraphy and taphonomy in shallow marine environments [J]. Palaios, 1995, 10(6):597~616

16

Holland S M. The stratigraphic distribution of fossils [J]. Palaeobiology, 1995, 21(1):92~109

17

吴光华,王红亮,林会喜,等. 渤海湾盆地埕岛地区东营组沉积特征及其油气地质意义[J]. 石油与天然气地质,2009,30(1):33~40

18

蔡李梅,陈红汉,李纯泉,等. 济阳拗陷东营凹陷沙三中亚段流体包裹体古流体势场恢复[J]. 石油与天然气地质,2009,30(1):17~25

19

石世革. 黄骅拗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

(编辑 张亚雄)

海进海退旋回划分开辟新领域,高位低位油气勘探前景广阔

——“全国第六届油气层序地层学大会”在杭州举行

由中国石油学会石油地质专业委员会主办、中国石油塔里木油田分公司、中国石油勘探开发研究院承办,并由 6 家其他单位协办的“全国第六届油气层序地层学大会”于 2010 年 9 月 5 日—10 日在杭州隆重举行。这次会议主要围绕海相碳酸盐岩层序地层、海相碎屑岩层序地层、海相深水沉积层序地层与储层预测、层序地层学与烃源岩及盖层、层序地层地球物理描述与储层预测技术、层序地层学及非常规石油地质、海外油气勘探新成果与经验等 7 个主题开展了深入讨论。大会共收到论文 94 篇,有 18 位代表进行了大会报告,26 位代表在两个分会场上进行了学术交流。会议向 10 位作者颁发了“青年优秀论文奖”。

本次全国油气层序地层学会议充分代表了当前我国层序地层学的研究水平,展现了当代的研究现状和发展趋势,探讨了层序地层学对油气勘探的重要性,必将成为我国层序地层学研究史上的一个里程碑。

(张亚雄 供稿)