

南襄盆地泌阳凹陷深凹区核三段沉积特征及演化

廖纪佳¹⁾, 朱筱敏^{1)*}, 董艳蕾¹⁾, 胡廷惠²⁾, 罗家群³⁾, 刘桂兰³⁾

1) 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249;

2) 大港油田第三采油厂, 河北沧县 061035;

3) 河南石油勘探开发研究院, 河南南阳 473132

摘要: 通过测井、录井、粒度分析资料, 结合区域地质资料、前人研究成果、岩心描述和地震反射资料, 认为核三段发育辫状河三角洲、近岸水下扇、滑塌浊积扇及湖泊沉积, 并进一步识别出5个亚相及6个微相。其中, 近岸水下扇发育于研究区西南部和东南部的控边断层处, 辫状河三角洲发育于东北部, 滑塌浊积扇发育于辫状河三角洲前端的半深湖-深湖区域。近岸水下扇岩性主要为灰白色中、细砾岩, 砾石成分复杂, 分选差, 磨圆程度低。辫状河三角洲发育平行层理、交错层理及冲刷充填构造, 垂向上构成间断正韵律, 其岩性为浅灰色砾岩、砾质砂岩、砂岩, 中-厚层或块状, 自然电位曲线和电阻率曲线呈钟形或箱型。辫状河三角洲前缘砂体失稳, 产生滑塌, 在深湖区形成滑塌浊积扇, 其岩性为细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩, 多呈正韵律, 发育块状层理、液化变形层理、波状层理及泥岩撕裂屑、槽模、沟模构造等, 电测曲线表现为钟形、箱形、漏斗形等。湖泊沉积主要发育于三角洲前缘和近岸水下扇前方的深凹区。从 H38-H31 研究区经历了水体由深到浅再略加深的沉积演化。

关键词: 泌阳凹陷; 深凹区; 核三段; 沉积相; 沉积特征

中图分类号: P534.6; P588.2 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2012.02.05

Sedimentary Characteristics and Evolution of He-3 Formation in Deep Area of Biyang Sag, Nanxiang Basin

LIAO Ji-jia¹⁾, ZHU Xiao-min^{1)*}, DONG Yan-lei¹⁾, HU Ting-hui²⁾, LUO Jia-qun³⁾, LIU Gui-lan³⁾

1) Faculty of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249;

2) No. 3 Oil Recovery Plant of Dagang Oilfield, Cangxian, Hebei 061035;

3) Exploration and Development Research Institute of Henan Petroleum Exploration Bureau, Nanyang, Henan 473132

Abstract: Based on logging and particle size analyses in combination with regional geological data, results of previous studies, core observation and seismic reflection data, the authors consider that braided river delta, near-shore subaqueous fan, slump turbidite fans and lacustrine sedimentary facies are developed in the He-3 Formation. On such a basis, five subfacies and six microfacies can be identified. The near-shore subaqueous fan is developed in southwest and southeast margin-controlling faults of the study area, braided river delta is developed in the northeast, and slump turbidite fan is developed at the semi-deep lake-deep lake area in front of braided river delta. The lithology of near-shore subaqueous fan is mainly the medium to fine gray conglomerate characterized by multiple composition, poor sorting and poor roundness. Braided river delta consists of medium-thick gray bedded conglomerate, pebbly sandstone, sandstone with parallel bedding, cross bedding and scour-and-fill structure. Vertically, braided river delta shows disconnected positive rhythm. Spontaneous potential and resistivity curves are

本文由国家 973 项目“中国西部典型叠合盆地油气成藏机制与分布规律”(编号: 2006CB202300)和国家重大科技专项“大型油气田及煤层气开发”相关专题(编号: 2011ZX05003-004; 2011ZX05009-002-104; 2011ZX05025-005-002)联合资助。

收稿日期: 2012-02-07; 改回日期: 2012-03-21。责任编辑: 张改侠。

第一作者简介: 廖纪佳, 男, 1983 年生。博士研究生。主要从事沉积学及储层地质学研究。通讯地址: 102249, 北京市昌平区府学路 18 号中国石油大学(北京)博士 2009 级。E-mail: liaojijia198433@163.com。

*通讯作者: 朱筱敏, 男, 1960 年生。教授。主要从事沉积学和层序地层学教学与研究。通讯地址: 102249, 北京市昌平区府学路 18 号中国石油大学(北京)地球科学学院。E-mail: xmzhu@cup.edu.cn。

bell-shaped or box-shaped. Where the sand of braided river delta front is instable, slump would occur and, at last, the slump turbidite fans would form in deep lake. The lithology of slump turbidite fans includes fine-grained sandstone, siltstone and argillaceous siltstone with positive rhythm, massive bedding, liquefied deformation bedding, wave bedding, mudstone rip-up, flute mold, furrow membrane and other structures. Electric curves show bell, box and funnel shapes. Lacustrine sedimentary facies is mainly developed in the furrow area in front of near-shore subaqueous fan and delta front. The water depth of the study area has experienced the evolution from deep to shallow and then a little deeper in H38-H31 area.

Key words: Biyang sag; deep area; He-3 Formation; sedimentary facies; sedimentary characteristics

泌阳凹陷是南襄盆地内发育的一个次级凹陷, 属于小型山间断陷, 面积约 1000 km²(图 1)。其南部和东部为桐柏山, 西北部是社旗凸起, 东北部是伏牛山, 西部以唐河低凸起与南阳凹陷相隔。近期, 在泌阳凹陷深凹区钻探泌 354 井, 该井在古近系核桃园组核三段(深度大约 2800 m), 使用 5 mm 油嘴分喷, 获得日产油 106 m³, 气 2530 m³ 的高产油气流。虽然前人在层序和沉积方面对泌阳凹陷核桃园组做过一系列研究(胡受权等, 1999; 李祺等, 2007; 刘启亮等, 2010; 刘正锋等, 2011; 张明安等, 2003), 但是针对深凹区的核桃园组的沉积体系的研究报道较少(董艳蕾等, 2011)。因此, 对已经有重大发现的深凹区核三段的沉积体系的研究意义重大。

本文主要通过岩心观察、钻井、室内化验分析资料、测井和高分辨率地震数据, 识别沉积相的类型及其特征, 并基于单因素分析、多因素综合作图的沉积相分析思想(冯增昭, 2004; 柳磊等, 2011; 吴李泉等, 2002), 研究沉积体系在平面的展布特征及探讨核桃园组三段的沉积演化规律。

1 研究区核桃园组三段概况

泌阳凹陷的形成主要受北西西向的唐河-栗园

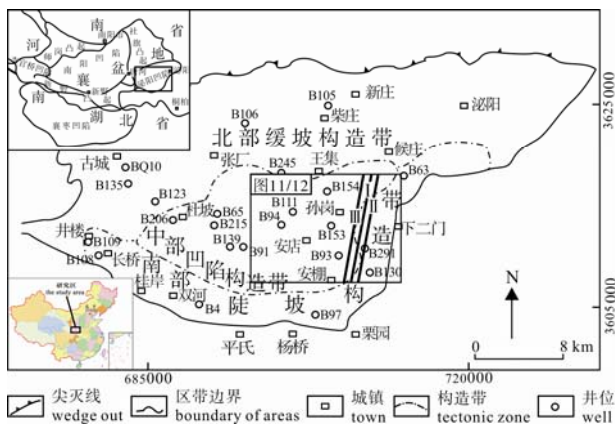


图 1 泌阳凹陷构造位置图(朱筱敏等, 2011)

Fig. 1 Structural location of Biyang sag (after ZHU Xiao-min et al., 2011)

-测线 line 547; -测线 line 565; -测线 line 419
-seismic line 547; -seismic line 565; -seismic line 419

断裂和北东向的栗园-泌阳断裂控制, 沉积沉降中心位于东南部边界断裂交汇处的安棚-安店一带。研究区处于泌阳凹陷深凹区: 西侧为泌 71 井、南为泌 100 井、东为泌 238 井、北为泌 45 井, 面积约为 120 km²。

核桃园组厚 2000~3000 m, 是泌阳凹陷的含油层系。根据岩石组合、沉积旋回及岩性特征, 自上而下将核桃园组分为三段, 即核一段、核二段、核三段(图 2)。核一段厚 400~500 m, 以灰-灰绿色泥岩为主夹油页岩和砂岩。核二段厚 700~800 m, 为灰、深灰色泥岩、泥质白云岩夹灰褐色和浅褐色白云岩、油页岩、砂岩和天然碱, 上部灰-灰绿色泥岩增多。核三段厚 1100~1700 m, 以灰黑色-深灰色泥岩为主夹泥质白云岩、白云岩和砂岩, 顶部夹薄

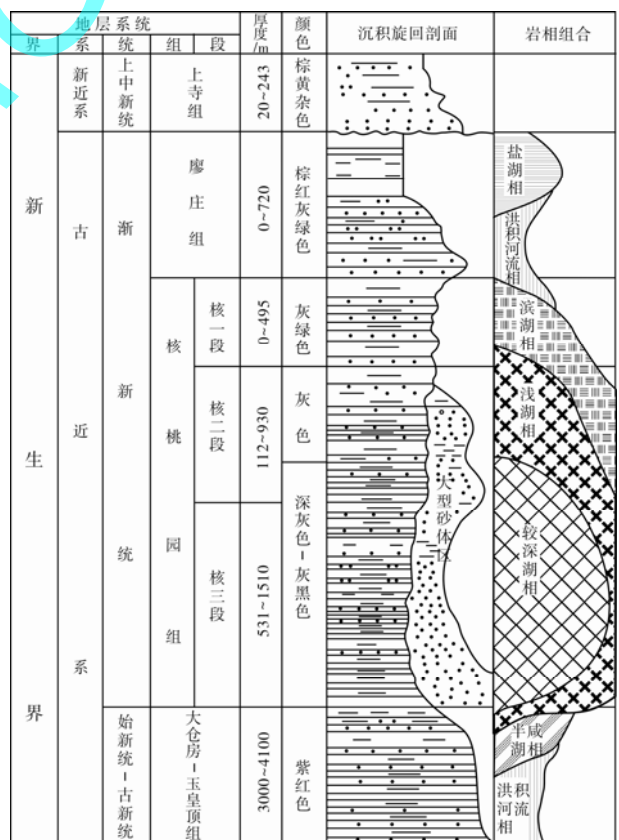


图 2 泌阳凹陷新生代地层综合分析图(朱筱敏等, 2011)

Fig. 2 Stratigraphic column of the Cenozoic in Biyang sag (after ZHU Xiao-min et al., 2011)

层天然碱和油页岩及钙质页岩。核三段是泌阳凹陷的主力含油层系,也是本次研究的目的层段。其中根据沉积旋回和电性差别,又可进一步分为上、下两个亚段和8个砂层组。

2 沉积相类型及其特征

根据本区构造背景、物源供给、气候等地质概况(叶红霞等,2010;罗顺社等,2009;温志新等,2006;王国鹏等,2005;李斌等,2005;王子煜等,2004;孙家振等,1995),从17口取心井(603.71 m)的岩心观察、50余口井测井相分析、242个岩样粒度分析,结合三维地震的反射特征和地震相研究,认为:泌阳凹陷深凹区核三段发育辫状河三角洲、近岸水下扇、湖泊和滑塌浊积扇沉积。研究区中仅发育辫状河三角洲前缘、前辫状河三角洲亚相,可识别水下分流河道、分流河道间、河口坝、滑塌浊积扇微相;近岸水下扇可识别出中扇和外扇亚相;湖泊可识别浅湖、半深湖-深湖亚相。

2.1 近岸水下扇沉积

根据取心和钻井资料,近岸水下扇主要发育在靠近南部边界断层的陡坡带,在东部边界断层梨树

凹一带也有近岸水下扇沉积,如泌97井、泌86井。研究区内主要发育近岸水下扇中扇和外扇。

岩心观察及录井剖面中,近岸水下扇沉积物岩性粗,主要发育为一套灰白色的中、细砾岩(图10A),砾石成分复杂,分选差,最大砾石直径可达5~10 cm。砾石磨圆度为次棱-次圆状,砂砾岩与较深水的暗色泥岩相间互,呈块状构造。

在剖面上构成了一系列以砂砾岩为主的正韵律叠加旋回,地震反射外形多呈逐渐收敛的楔形,内部结构为杂乱前积反射,向沉积中心方向地震反射的连续性变好(图4),反映出由物源区向凹陷中心方向沉积速率变慢的过程。

中扇亚相 主要发育辫状水道、辫状水道间两个微相。辫状水道主要岩性为卵石质砾岩、含砾粗砂岩、细砂岩(图10B),底部发育冲刷面,组成多个正韵律(图3A),单个旋回最大厚度为1.13 m,最小厚度只有26 cm,反映多期辫状水道叠覆冲刷,常见块状层理、平行层理、递变层理等构造。辫状水道间岩性主要由厚度较薄的灰色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩组成。泥岩多呈块状或透镜状,粉砂岩中发育有波状、透镜状层理等沉积构造。测

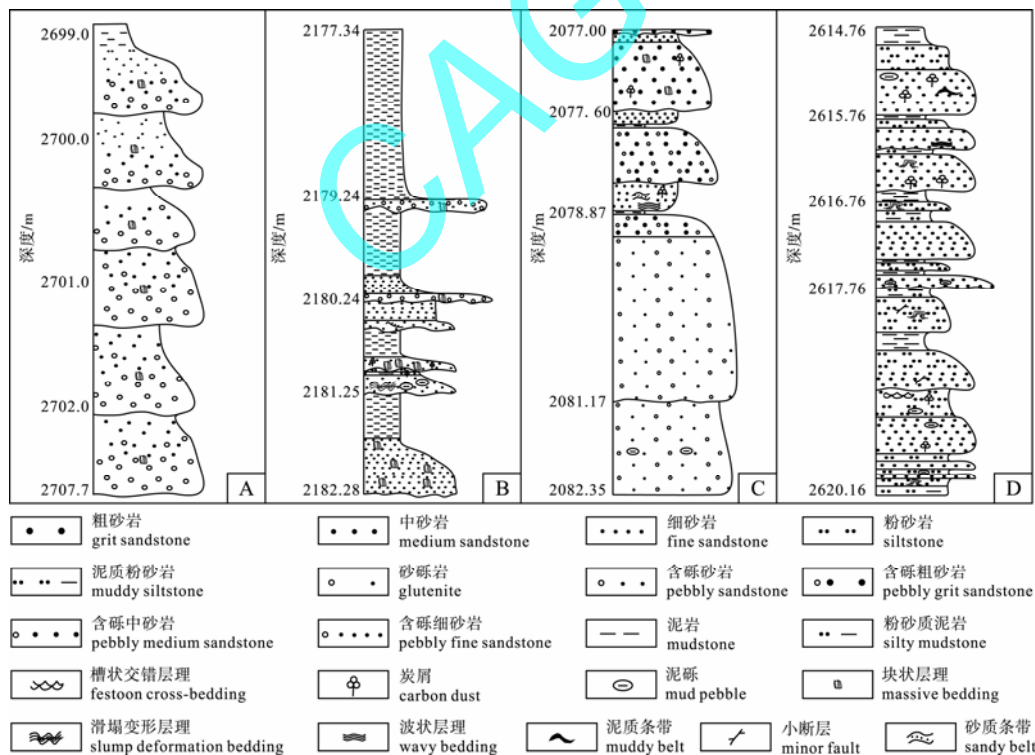


图3 核三段不同类型沉积微相岩心序列图

Fig. 3 Core sequence diagram of different kinds of microfacies in He-3 Formation

A-泌97井,近岸水下扇中扇辫状水道; B-泌86井,近岸水下扇外扇; C-泌143井,辫状河三角洲水下分流河道;

D-泌143井,辫状河三角洲水下分流河道及分流河道间

A-Bi97 well, braided river channel in middle-fan of near-shore subaqueous fan; B-Bi86 well, outer fan in near-shore subaqueous fan;

C-Bi143 well, subaqueous distributary channel in braided delta;

D-Bi143 well, subaqueous distributary channel and interdistributary deposit in braided delta

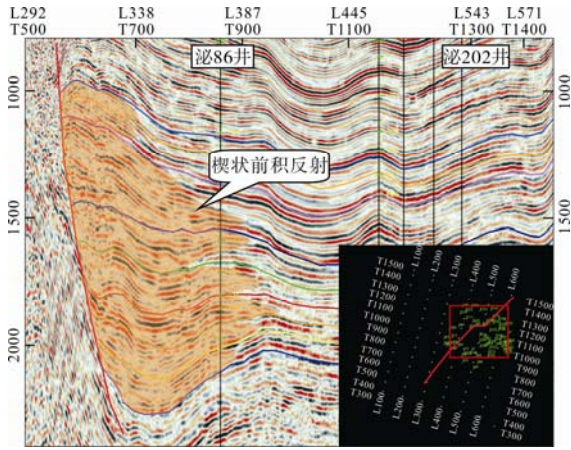


图 4 近岸水下扇地震反射剖面
Fig. 4 Seismic reflection profile of near-shore subaqueous fan

井响应特征为，辫状水道的自然电位曲线呈“钟形”或“箱形”(图 5A)，电阻率幅度一般较高；辫状水道间的自然电位曲线较为平直。

外扇亚相 岩性主要为深灰色、灰色泥岩，夹薄层波状粉砂岩(图 10C)及水平层理粉砂质泥岩。测井响应为自然电位曲线呈指状或齿状(图 5B)，仅在局部见到反韵律特征。有时在外扇少量发育浅的水道充填沉积(图 3B)，其特征与扇中水道充填沉积相

似，但单砂层沉积厚度薄，颗粒相对较细，泥质夹层增多，地层砂地比明显降低。

2.2 辫状河三角洲

根据岩心资料、电测曲线及录井资料，辫状河三角洲发育于研究区的东北部，主要物源来源于东北部的侯庄一带，在研究区内主要发育辫状河三角洲前缘亚相以及前三角洲滑塌浊积扇沉积，平原亚相不发育。

辫状河三角洲前缘 发育水下分流河道、水下分流河道间、河口坝微相。

水下分流水道岩性主要为浅灰色砾岩、砾质砂岩、砂岩，中-厚层或块状(图 3C)，单砂层厚度多为 5~10 m，有的可达 25 m。自然电位曲线和电阻率曲线呈钟形或箱型(图 5C)。砂体与其上、下岩层均为突变接触，而且底面为凹凸不平的冲刷面，发育平行层理、交错层理及冲刷充填构造，垂向上构成米级的间断正韵律。颗粒分选中等，磨圆差到中等。纵向上常见多个水下分流河道砂体叠置，形成厚度较大的复合砂体。水下分流河道粒度概率曲线主要有 3 类：(1)典型的两段式(图 8A-)，跳跃总体累积概率含量为 70%~90%，悬浮总体含量低，反映较强的牵引流；(2)“一跳一悬加过渡”式(图 8A-)，跳跃总体含量高(可达 80%)，悬浮总体组份含量低(小

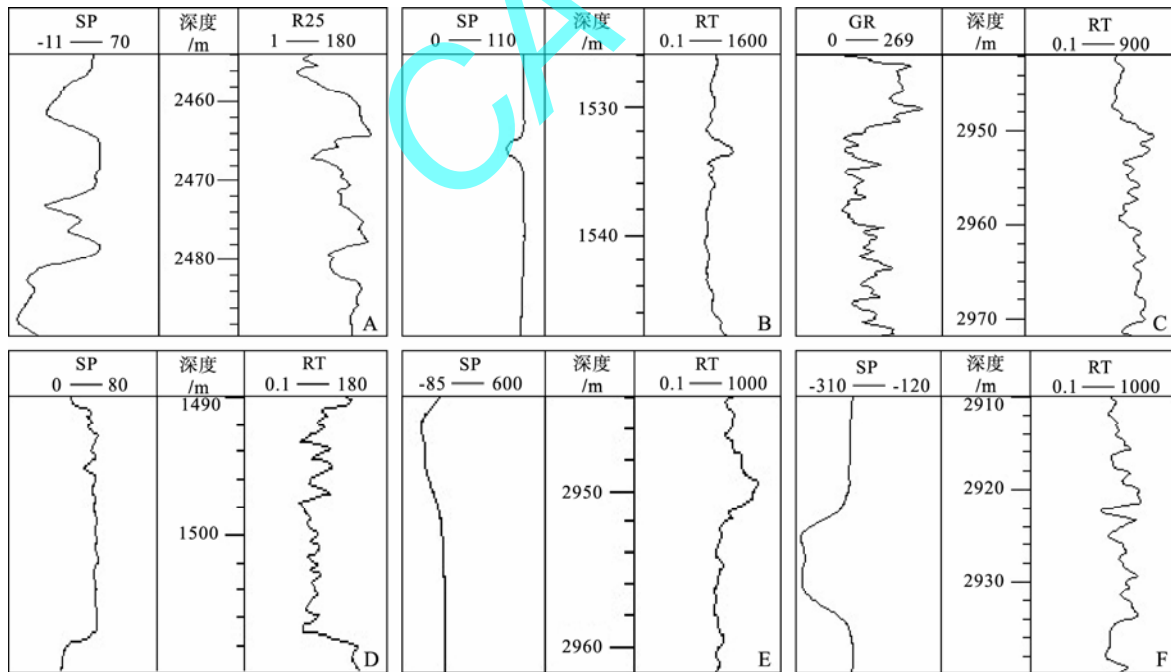


图 5 不同沉积微相的测井响应

Fig. 5 Log response of different kinds of microfacies

A-近岸水下扇中扇辫状水道(泌 86 井); B-近岸水下扇外扇(泌 97 井); C-辫状河三角洲水下分流河道(泌 267 井);

D-辫状河三角洲水下分流河道间(泌 144 井); E-辫状河三角洲河口坝(B365 井); F-滑塌浊积扇(程 1 井)

A-braided river channel in middle-fan of near-shore subaqueous fan(Bi86 well); B-outer fan in near-shore subaqueous fan(Bi97 well);

C-subaqueous distributary channel in braided delta(Bi267 well); D-subaqueous interdistributary deposit(Bi144 well);

E-estuary dam in braided delta(B365 well); F-slump turbidite fan(Cheng1 well)

于 15%)，反映了水体动荡性增强的三角洲前缘特征；(3)具有过渡带的多段式(图 8A-)，由两个跳跃次总体和悬浮总体夹过渡段组成，由不同斜率折线段组成(朱筱敏等, 1998)，呈上凸拱形，粒度范围较宽，反映了洪水期不稳定的动荡水流。洪水期时，夹沙河水比湖水密度高，因此河流入湖后仍可保持较高的流速沿湖底流动，以至把推移载荷带到河口以外的湖区，形成水下河道砂(宋春晖等, 2001)。

水下分流河道间沉积物主要为灰色和灰绿色的泥岩和泥质粉砂岩(图 10D)，自然电位曲线呈平直(图 5D)，上下砂层具有负异常特征。发育水平层理，代表弱水动力，多被水下分流河道冲刷(图 3D)，因此保留较少。

河口坝位于水下分流水道前端，沉积物比水下分流水道细，主要为细砂岩和粉砂岩，中厚层，单层厚度多为 3~6 m，具向上变粗的沉积序列，其自然电位曲线呈漏斗形(图 5E)，常见浪成沙纹层理、中小型槽状和板状交错层理。由于河口坝的形成要求有相对稳定的河道和相对较弱的湖水能量，而辫状河水下分流河道迁移频繁，河口坝多被冲蚀，因此，在研究区河口坝只在局部可见。

在地震剖面上，辫状河三角洲前缘的地震反射特征主要表现出两种：一种是亚平行反射，分布比较广泛；另一种是前积反射，是辫状河三角洲前缘地震反射最显著的特征。本区主要发育斜交前积和叠瓦状前积反射地震相(图 6、图 7)。

2.3 湖泊相

研究区主要发育浅湖亚相、半深湖-深湖亚相。

浅湖亚相 以泥岩和粉砂岩为主，发育小型波状层理(图 10E)、透镜状层理及水平层理。浅湖沉积累计粒度概率曲线可划分为二种类型。第一，双跳

跃悬浮三段式(图 8B-)，跳跃总体含量较高，一般在 40%~50%，分选较好；悬浮总体含量一般在 50%~60%。这种曲线特征说明浅湖水动力略偏强，具有多向水流作用的特点。第二，悬浮跳跃两段式曲线(图 8B-)，悬浮总体占绝对优势，跳跃总体不到 40%，斜率中等，粒度细，以粉砂、粘土级为

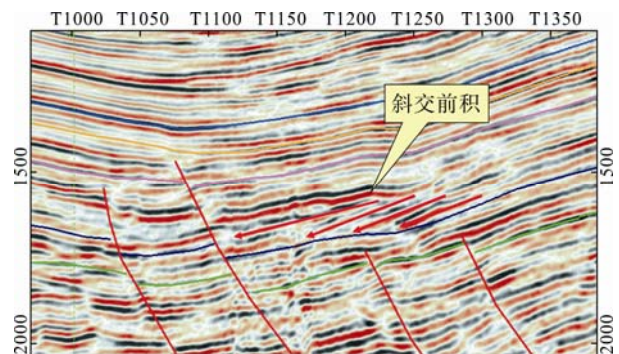


图 6 辫状河三角洲前缘斜交前积反射地震剖面 (line 547)

Fig. 6 Seismic profile of oblique progradational reflection in delta front (line 547)

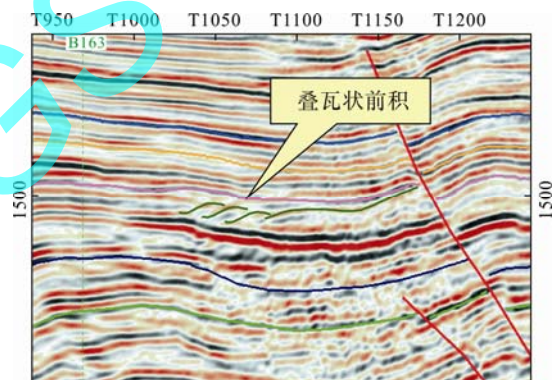


图 7 辫状河三角洲前缘叠瓦状前积反射地震剖面 (line 565)

Fig. 7 Seismic profile of imbricated progradational reflection in delta front (line 565)

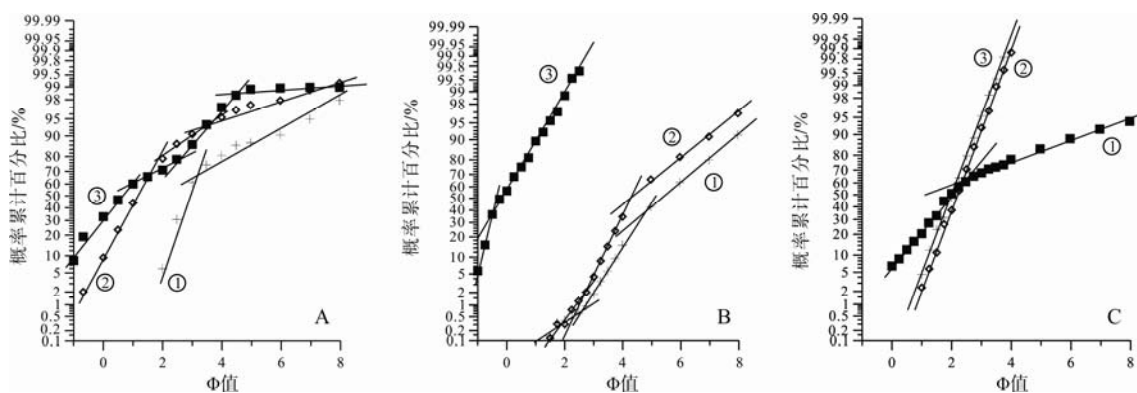


图 8 不同成因砂体的粒度概率图

Fig. 8 Grain size probability graph of different geneses of sand bodies

A-水下分流河道; B-浅湖; C-滑塌浊积扇

A-subaqueous distributary channel; B-shallow lake; C-slump turbidite fans

主,反映了水动力条件较弱的沉积环境(袁文芳等, 2005)。

半深湖-深湖 以深灰色、灰黑色泥岩为主(图 10F),夹一些具递变层理和变形层理的薄层泥质粉砂岩、细砂岩,主要是浊流成因。

2.4 滑塌浊积扇

滑塌浊积扇沉积多夹于深灰色湖相泥岩中,与泥岩呈岩性突变接触。核三段滑塌浊积扇岩性一般由细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩组成,多呈正韵律,顶底与泥岩岩性突变接触;多发育块状层理、液化变形层理(图 10G)、递变层理(图 10H)及泥岩撕裂屑、槽模、沟模构造等;由于为辫状河三角洲前缘的滑塌再搬运,砂体可以为分选较好的块状砂岩。研究区核三段浊积扇地震响应为透镜状地震反射(图 9),反映砂体滑塌到深湖相沉积中被泥岩包裹的特征。电测曲线特征可表现为钟形、箱形、漏斗形等多种特征(图 5F)。滑塌浊积扇沉积物粒度概率

累积曲线呈“一段”式(图 8C-、),粒度曲线表现为一条较高斜率直线段,粒度 值跨度大,为 0~5,跳跃和滚动总体不发育,悬浮总体占绝对优势,具有典型重力流的特征;“低斜两段”式(图 8C-),粒度概率曲线滚动总体不发育,跳跃总体和悬浮总体的斜率较低,其交切点粒度 值为 2~3,粒度较细。

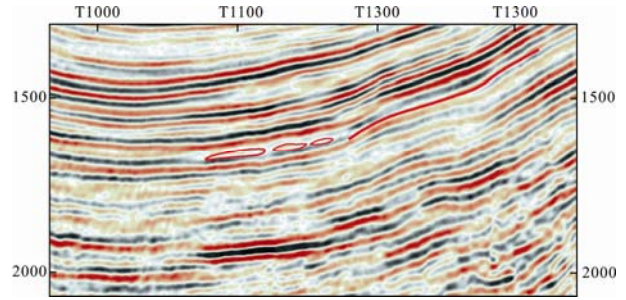


图 9 深凹区核三段滑塌浊积扇地震反射特征(line 419)
Fig. 9 Seismic reflection characteristics of slump turbidite fans in He-3 Formation of deep area (line 419)



图 10 不同类型的岩相及沉积构造特征

Fig. 10 Different kinds of lithofacies and sedimentary structure characteristics

- A-近岸水下扇块状砾岩(泌 86 井, 2199.01 m); B-近岸水下扇中扇水道砾岩(泌 97 井, 2700.4 m); C-近岸水下扇外扇粉砂岩(泌 86 井, 2180.6 m); D-水下分流河道间泥岩(泌 153 井, 2246.43 m); E-浅湖沉积的波状层理(泌 270 井, 3421.03 m); F-深湖暗色泥岩(泌 270 井, 2818.54 m); G-浊流沉积中的滑塌变形层理(泌 270 井, 3232.06 m); H-浊流沉积中的递变层理(泌 365 井, 2714.45 m)
- A-massive conglomerate from near-shore subaqueous fan(Bi86 well, 2199.01 m); B-conglomerate from middle-fan channel in near-shore subaqueous fan(Bi97 well, 2700.4 m); C-siltstone from outer fan in near-shore subaqueous fan(Bi86 well, 2180.6 m); D-interdistributary mudstone(Bi153 well, 2246.43 m); E-wave bedding from shallow lacustrine deposits(Bi270 well, 3421.03 m); F-dark mudstone in deep lake(Bi270 well, 2818.54 m); G-slump deformation bedding in turbidite deposits(Bi270 well, 3232.06 m); H-graded bedding in turbidite deposits(Bi365 well, 2714.45 m)

3 沉积相平面展布及垂向演化

泌阳凹陷深凹区核三段发育辫状河三角洲、近岸水下扇、滑塌浊积扇和湖泊沉积。深凹区内核三段有两大沉积体系和三大物源砂体。两大沉积体系是北东方向的辫状河三角洲-湖泊沉积体系和西南部、东南部的近岸水下扇-湖泊沉积体系；三大物源砂体是侯庄辫状河三角洲、杨桥近岸水下扇和梨树凹近岸水下扇砂体。在泌阳凹陷深凹区主要为半深湖-深湖沉积。在核三段各沉积时期，研究区东北部均为侯庄辫状河三角洲沉积。核三段早期 H38-H35 沉积时期(图 11)，侯庄三角洲呈北东—南西向展布，分布面积较小，平均面积约 30.92 km²。核三段中期 H34-H33 沉积时期，三角洲的展布方向由北东—南西向变为近南北向，而且分布面积明显增大，尤其是东部的朵叶较为发育。至 H32 沉积时期，三角洲的展布方向又变为北东—南西向，分布面积最大(图 12)，约 60.63 km²，而且东、西两个朵叶都非常发育，东部朵叶延伸至泌 188 井区，西部朵叶延伸至泌 305 井区。核三段晚期 H31 沉积时期，北东向的物源供给不充分，三角洲萎缩，外前缘边界退至泌 155-泌 291 井区。

泌阳凹陷深凹区东南部的近岸水下扇沉积范围较大，覆盖泌 349-泌 291 井区。核三段 H34-H31 沉

积时期，近岸水下扇仅分布在研究区东南角泌 330 井区。而研究区西南角的近岸水下扇在各沉积时期发育变化不大，面积约 2.88 km²。在核三段沉积早期，近岸水下扇沉积范围相对较小。在核三段沉积后期，西南部的近岸水下扇沉积范围明显大于东南部的近岸水下扇沉积范围(图 12)，近岸水下扇沉积面积约 7.14 km²。

核三段 H34-H31 沉积时期，滑塌浊积扇均发育在辫状河三角洲和近岸水下扇之间的湖湘沉积中。滑塌浊积扇的发育具有以下特征：第一，三角洲向前推进快、朵叶向前延伸较远的时期，易形成数量多、面积相对较大的滑塌浊积扇。第二，距三角洲朵叶越近，滑塌浊积扇数量越多、面积越大。滑塌浊积扇的平面展布呈北东南西向。

4 结论

岩心观察与测井相研究认为，泌阳凹陷深凹区核三段从 H38 至 H31 各个沉积时期均发育有辫状河三角洲前缘、近岸水下扇、湖泊及滑塌浊积扇沉积。不同沉积类型的分布在纵向上具有继承性，辫状河三角洲前缘主要分布于研究区东北部的侯庄一带，发育范围最大时可至泌 188 井区和泌 305 井区；各沉积时期近岸水下扇在研究区西南角的发育变化不大，东南部的沉积范围变化较大。滑塌浊积扇在平

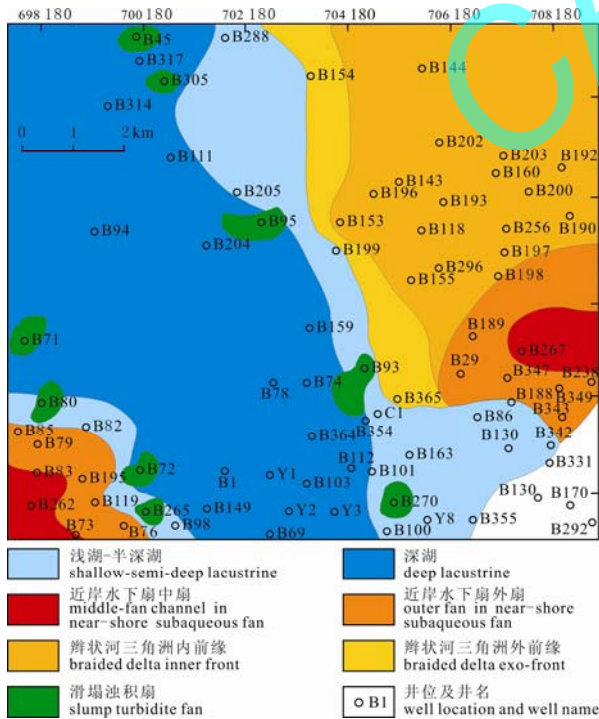


图 11 泌阳凹陷深凹区核三段 H35 沉积相平面展布
Fig. 11 Distribution of sedimentary facies of H35 in He-3 Formation in deep area of Biyang sag

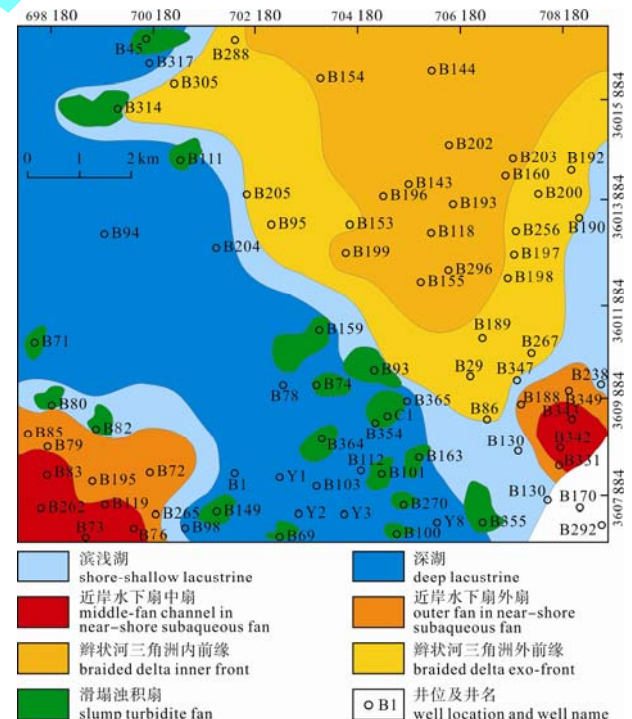


图 12 泌阳凹陷深凹区核三段 H32 沉积相平面展布
Fig. 12 Distribution of sedimentary facies of H32 in He-3 Formation in deep area of Biyang sag

面上的展布呈北东—南西向,它的发育受控于辫状河三角洲的发育,三角洲向前推进快、朵叶向前延伸较远的时期,易形成数量多、面积相对较大的滑塌浊积扇,距三角洲朵叶越近,滑塌浊积扇数量越多、面积越大。

参考文献:

- 董艳蕾,朱筱敏,胡廷惠,罗家群,刘桂兰,罗琪. 2011. 泌阳凹陷核三段地震沉积学研究[J]. 地学前缘, 18(2): 284-293.
- 冯增昭. 2004. 单因素分析多因素综合作图法——定量岩相古地理重建[J]. 古地理学报, 6(1): 3-19.
- 胡受权,陈国能. 1999. 南襄盆地泌阳断陷下第三系陆相层序地层[J]. 地球学报, 20(2): 207-214.
- 李斌,孟自芳,李相博,卢红选,郑民. 2005. 泌阳凹陷下第三系构造特征与沉积体系[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 35(3): 332-339.
- 李祺,陈振林,田建锋,郭启玲,郭广飞,舒克栋. 2007. 南襄盆地泌阳凹陷下二门油田核二段沉积微相研究[J]. 岩性油气藏, 19(3): 66-72.
- 刘启亮,罗顺社. 2010. 泌阳凹陷南部陡坡带核桃园组沉积体系研究[J]. 油气地球物理, 8(3): 59-64.
- 柳磊,汪立今,田继军,吴天伟,马帅. 2011. 新疆托克逊煤田侏罗系成煤环境及沉积特征分析[J]. 地球学报, 32(5): 549-558.
- 刘正锋,朱景修,刘建锋. 2011. 泌阳凹陷深凹区核三上亚段浊积扇成因及沉积模式[J]. 石油天然气学报, 33(8): 16-20.
- 罗顺社,门福信,陈晓. 2009. 泌阳凹陷核三下亚段物源区母岩性质研究[J]. 石油天然气学报, 31(3): 62-71.
- 宋春晖,方小敏,师永民,王新民. 2001. 青海湖现代三角洲沉积特征及形成控制因素[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 37(3): 112-120.
- 孙家振,李兰斌,杨振峰,王寿庆. 1995. 泌阳凹陷的含油气构造特征与演化历史[J]. 石油学报, 16(4): 55-61.
- 王国鹏,郑浚茂,樊中海,杨道庆,邵先杰. 2005. 泌阳凹陷安棚鼻状构造的沉积成因及裂缝分布[J]. 石油学报, 26(2): 38-41.
- 王子煜,漆家福,张永华. 2004. 泌阳凹陷新生代构造特征与形成机制及其与油气成藏的关系[J]. 地质学报, 78(3): 332-344.
- 温志新,王红漫,陈春强,胡咏,李辉. 2006. 南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带隐蔽油气藏形成与分布[J]. 石油实验地质, 28(2): 117-122.
- 吴李泉,曹代勇. 2002. 藏北地区中上侏罗统接奴群沉积特征及油气远景[J]. 地球学报, 23(5): 447-452.
- 叶红霞,罗顺社. 2010. 泌阳凹陷南部陡坡带核三段地貌研究[J]. 油气地球物理, 8(4): 49-51.
- 袁文芳,陈世悦,曾昌民,鄢继华. 2005. 柴达木盆地西部地区第三系碎屑岩粒度概率累积曲线特征[J]. 石油大学学报(自

然科学版), 29(5): 12-18.

- 张明安,鲜本忠. 2003. 层序地层学在泌阳凹陷隐蔽油藏预测中的应用[J]. 石油实验地质, 25(4): 395-398, 402.
- 朱筱敏,董艳蕾,胡廷惠,罗琪,王敏,杨道庆,罗家群,刘桂兰. 2011. 精细层序地层格架与地震沉积学研究——以泌阳凹陷核桃园组为例[J]. 石油与天然气地质, 32(4): 615-624.
- 朱筱敏,康安,王贵文,谢庆宾,胡庆喜. 1998. 三塘湖盆地侏罗系辫状河三角洲沉积特征[J]. 石油大学学报(自然科学版), 22(1): 14-17.

References:

- DONG Yan-lei, ZHU Xiao-min, HU Ting-hui, LUO Jia-qun, LIU Gui-lan, LUO Qi. 2011. Research on seismic sedimentology of He-3 Formation in Biyang Sag[J]. Earth Science Frontiers, 18(2): 284-293(in Chinese with English abstract).
- FENG Zeng-zhao. 2004. Single factor analysis and multifactor comprehensive mapping method—reconstruction of quantitative lithofacies palaeogeography[J]. Journal of Palaeogeography, 6(1): 3-19(in Chinese with English abstract).
- HU Shou-quan, CHEN Guo-neng. 1999. Terrigenous Sequence Analysis on Early Tertiary in Biyang Fault-depression of Nanxiang Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 20(2): 207-214(in Chinese with English abstract).
- LI Bin, MENG Zi-fang, LI Xiang-bo, LU Hong-xuan, ZHENG Min. 2005. The Structural Features and Depositional Systems of the Early Tertiary in the Biyang Depression[J]. Journal of Jiling University (Earth Science Edition), 35(3): 332-339(in Chinese with English abstract).
- LI Qi, CHEN Zhen-lin, TIAN Jian-feng, GUO Qi-ling, GUO Guang-fei, SHU Ke-dong. 2007. Sedimentary microfacies of the second member of Hetaoyuan Formation in Xia'ermen Oilfield, Biyang Sag, Nanxiang Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 19(3): 66-72(in Chinese with English abstract).
- LIU Lei, WANG Li-jin, TIAN Ji-jun, WU Tian-wei, MA Shuai. 2011. Sedimentary Characteristics and Coal-accumulation Pattern of the Xishanyao Formation in the Toksun Coalfield of Xinjiang[J]. Acta Geoscientica Sinica, 32(5): 549-558(in Chinese with English abstract).
- LIU Qi-liang, LUO Shun-she. 2010. The research of sedimentary system in the Hetaoyuan Formation of Paleogene in Biyang Depression[J]. Petroleum Geophysics, 8(3): 59-64(in Chinese with English abstract).
- LIU Zheng-feng, ZHU Jing-xiu, LIU Jian-feng. 2011. Genesis of Turbidite Fan and Depositional Model in the Upper Member of Eh₃ of Deep Area of Biyang Depression[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 33(8): 16-20(in Chinese with English abstract).
- LUO Shun-she, MEN Fu-xin, CHEN Xiao. 2009. The Quality of

- Parent Rocks of Lower Eh₃ Formation in Source Area of Biyang Depression[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 31(3): 62-71(in Chinese with English abstract).
- SONG Chun-hui, FANG Xiao-min, SHI Yong-min, WANG Xin-min. 2001. Sedimentary characteristics of modern lacustrine deltas in Qinghai Lake and their controlling factors[J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 37(3): 112-120(in Chinese with English abstract).
- SUN Jia-zhen, LI Lan-bin, YANG Zhen-feng, WANG Shou-qing. 1995. The character and evolution history of hydrocarbon bearing structure in Miyang Depression[J]. Acta Petrolei Sinica, 16(4): 55-61(in Chinese with English abstract).
- WANG Guo-peng, ZHENG Jun-mao, FAN Zhong-hai, YANG Dao-qing, SHAO Xian-jie. 2005. Depositional genesis of Anpeng structural nose and fractures distributed in Anpeng deep zones[J]. Acta Petrolei Sinica, 26(2): 38-41(in Chinese with English abstract).
- WANG Zi-yu, QI Jia-fu, ZHANG Yong-hua. 2004. Cenozoic Structural Characteristics and Mechanism and Their Relationship with Oil and Gas Reservoir in the Biyang Depression[J]. Acta Geologica Sinica, 78(3): 332-344(in Chinese with English abstract).
- WEN Zhi-xin, WANG Hong-man, CHEN Chun-qiang, HU Yong, LI Hui. 2006. Formation and distribution of subtle reservoirs in the southern steep slope zone in the Biyang Sag of the Nanxiang Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 28(2): 117-122(in Chinese with English abstract).
- WU Li-quan, CAO Dai-yong. 2002. Sedimentary Features and Petroleum Geological Significance of the Jienu Group in Northern Tibet[J]. Acta Geoscientica Sinica, 23(5): 447-452(in Chinese with English abstract).
- YE Hong-xia, LUO Shun-she. 2010. The research on Eh₃ Member palaeogeomorphology of the southern actic region in Miyang Depression[J]. Petroleum Geophysics, 8(4): 49-51(in Chinese with English abstract).
- YUAN Wen-fang, CHEN Shi-yue, ZENG Chang-min, YAN Ji-hua. 2005. Probability cumulative grain size curves in terrigenous of the Tertiary in west Qaidam Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 29(5): 12-18(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Ming-an, XIAN Ben-zhong. 2003. Application of sequence stratigraphy to the prediction of subtle reservoirs in the Biyang depression[J]. Petroleum Geology & Experiment, 25(4): 395-398, 402(in Chinese with English abstract).
- ZHU Xiao-min, DONG Yan-lei, HU Ting-hui, LUO Qi, WANG Min, YANG Dao-qing, LUO Jia-qun, LIU Gui-lan. 2011. Seismic sedimentology study of fine sequence stratigraphic framework: a case study of the Hetaoyuan Formation in the Biyang Sag[J]. Oil & Gas Geology, 32(4): 615-624(in Chinese with English abstract).
- ZHU Xiao-min, KANG An, WANG Gui-wen, XIE Qing-bin, HU Qing-xi. 1998. Sedimentary characteristics of Jurassic braid delta in Santanghu Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 22(1): 14-17(in Chinese with English abstract).

中国地质科学院董树文研究员当选 德国埃尔福特科学院院士

2012年1月12日,德国埃尔福特科学院院长克劳斯·曼格尔教授(Klaus Manger)致函中国地质科学院党委书记、副院长王小烈研究员,正式通知在2011年7月8日召开的德国埃尔福特科学院参议员会议上,中国地质科学院副院长、《地球学报》主编董树文研究员当选德国埃尔福特科学院院士。

德国埃尔福特科学院成立于1754年,涉足自然科学、医学、数学、人文科学及理工技术等多个学科,是德国现存历史最悠久的学术机构之一。最早是德国选帝侯成立的宫廷学术机构,后曾为普鲁士国立科学院。

在该科学院的历史上,曾有为数众多的著名科学家及文学家享有德国埃尔福特科学院院士荣耀,例如:约翰·沃尔夫冈·歌德、弗里德里希·席勒、德国柏林洪堡大学创始人亚历山大·洪堡及威廉·洪堡、诺贝尔奖获得者贝林(1901年)、欧肯(1908年)、克勒默(2000年)以及贝采里乌斯、居维叶、盖·吕萨克等。

董树文研究员是目前德国埃尔福特科学院唯一一位来自亚洲的院士。德国埃尔福特科学院名誉院长维尔纳·科勒(Werner Köhler)教授将于2012年4月底至5月初专程来京,为董树文研究员颁发院士证书。