

尼日利亚 JDZ-2 区块 海底地貌地质特征及钻探分析

程学峰^{1,2}

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院,北京 100083; 2. 中国石油大学(北京),北京 102249)

摘要:利用尼日利亚 JDZ-2 区块海上三维地震采集数据拾取海底反射时间,计算了海水深度,绘制了详细的海底地形图,分析了复杂的海底地形特征,对海底地貌类型及其分布进行了分析。结合相邻区块的钻探成果,利用三维地震资料,对浅层地层进行层序划分,在地震剖面上对4个层序进行对比追踪和地震解释。根据地震地质综合研究结果,对整个区块浅层地层的地质灾害在平面上和纵向上进行了探讨,指出了对深海钻探以及其他作业的危害性。对预选井位区域的海底地貌特征和浅层地质灾害进一步分析,提出了潜在的地质灾害,为第一口探井施工位置优选和制定钻进过程中应采取的防范措施提供了可靠依据,也为下一步油气勘探开发提供了帮助。

关键词:地质灾害;海底地貌;三角洲盆地;几内亚湾;尼日利亚

中图分类号:TE5

文献标识码:A

Geologic features of abyssal topography and drilling conditions in block JDZ-2, Nigeria

Cheng Xuefeng^{1,2}

(1. SINOPEC Petroleum Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China;

2. China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: In block JDZ-2 of Nigeria, oceanic 3d seismic data have been applied to obtain the reflection time to seabed. The water depth is calculated, on the basis of which a detailed topography of seabed is drawn. The types and distribution of seabed topography are analyzed. Combined with the drilling results of adjacent blocks, by means of 3d seismic data, the sequences of shallow formation are divided. 4 sequences are traced and interpreted on seismic profiles. The underlying geologic disasters to drilling engineering in the shallow formation of the whole block are demonstrated. According to the abovementioned analysis, the fine research of topographic characteristics and potential shallow calamities in the planned area for drilling is completed. The first exploration well surface location is optimized and the countermeasures are established for drilling. The research would be guidable for further explorations.

Key words: geologic calamity; abyssal topography; Delta Basin; Guinea Gulf; Nigeria

尼日尔三角洲盆地为一富含油气的盆地,其陆上及浅海发现了一系列大型—超大型油气田,近年来油气勘探的重点已经转向深海领域,并取得了较好的勘探成果。“尼日利亚—圣多美联合开发区2号区块(简称 JDZ-2 区块)”深海油气勘探由中国石化集团公司作为作业者于2006年全面开展,经过综合地震地质研究,落实了多个有利圈闭预进行钻探,但该区块位于盆地的大陆斜坡上,海底地形起伏变化大、地形复杂,浅层存在多种地质灾害,在钻井等工程施工时易发生地质灾害,造成巨大的

经济损失,甚至导致海洋生态灾难。本文对区块内及所选施工区地形地貌和浅部地层潜在的地质灾害进行了详细评价,为钻井作业提供可靠的资料,作出相应的防范措施,以期为进一步油气勘探开发提供帮助。

1 JDZ-2 区块概况及地质背景

该区块位于非洲西部大西洋几内亚湾内,面积 692 km²,处于尼日尔三角洲盆地前端陆坡上,水深 1 400 ~ 2 000 m,平均水深 1 600 m,距尼日利亚海

岸线约 150 ~ 200 km,属深水、超深水区域。

尼日尔三角洲盆地位于几内亚湾内,是一新生代富含油气的大型三角洲盆地,也是世界上最大的海退型三角洲,总面积 $30 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。沉积盖层包括白垩系、第三系和第四系,新生界地层由下而上分为 Akata 组、Agbata 组及 Benin 组^[1]。

尼日尔三角洲盆地内构造发育,由陆向海分为 3 个构造带:(1)陆上的生长断层及滚动背斜发育带;(2)陆上沿岸和浅海的背对背断层与顶部塌陷构造带;(3)位于半深海—深海的泥岩穿刺与叠瓦状逆冲推覆构造带。其中(1)和(2)属于伸展构造区。泥岩穿刺与叠瓦状逆冲推覆构造带又细分为泥岩底辟区、内褶皱冲断区、滑脱褶皱区和外褶皱冲断区,JDZ-2 区块位于该构造带的前缘,构造样式主要是断层转折褶皱及其组成的逆冲叠瓦系列(图 1),包含了内褶皱冲断带、滑脱褶皱区、外褶皱冲断带^[2]。该区特殊的构造位置造成复杂多变的海底地形地貌和浅层多样的构造样式^[3]。

2 JDZ-2 区块海底地形地貌研究

2.1 海底地形特征

本区位于大陆斜坡上,海底地形起伏变化较大,总体上从北向南、由西向东水深逐渐加大,水深总体在 1 400 ~ 2 000 m 之间,坡降一般在 0.5% ~ 0.84%,靠近区块的南部及东南部地形变化比较复杂,海底山、洼地、槽沟、峡谷发育,并在东南角出现深水盆地。从西北向东南可将本区地形分为三部分:(1)在中部断崖以西除海岭及隆起地形外,呈

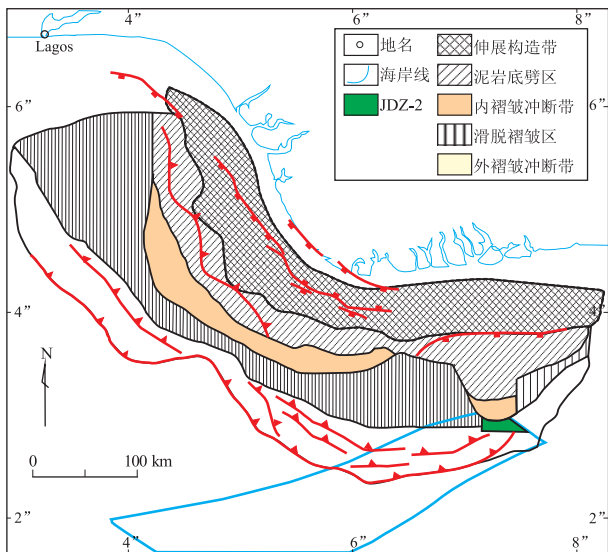


图 1 尼日尔三角洲盆地海上部分构造带划分示意

Fig. 1 Tectonic division of Niger Delta Basin (above sea level)

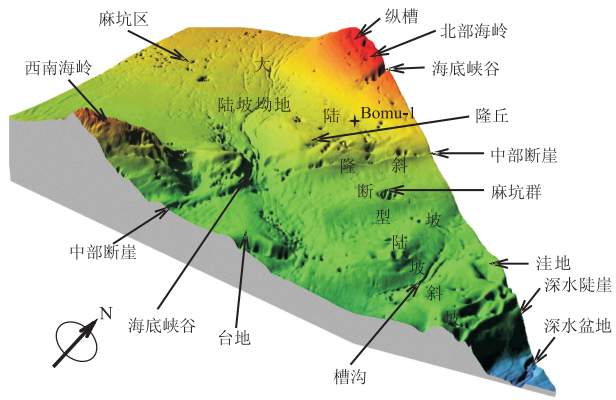


图 2 尼日尔三角洲盆地 JDZ-2 区块海底地貌

Fig. 2 Abyssal topography of block JDZ-2 in Niger Delta Basin

略微下拗的平缓斜坡;(2)在中部断崖与东部深水陡崖之间为起伏变化的斜坡地形带;(3)东部深水陡崖以东为深水盆地地区,水深大于 2 000 m。

2.2 海底地貌类型及形态特征

本区位于大陆与大洋的过渡地带,主要反映大陆坡的地貌特征。该区的总体地貌特征属于断褶型的陆坡斜坡,坡度较大,地形复杂,受重力构造作用(如断裂、穿刺及褶皱等)影响显著(图 2)。

2.2.1 隆断型陆坡斜坡

位于中部断崖与东部深水陡崖之间,水深 1 750 ~ 2 000 m。地形由西北向东南倾斜,起伏变化较大,平均坡降为 1.65%。在该斜坡上海底峡谷、槽沟较为发育,NE 向,同时小型洼地及麻坑也很发育,麻坑常常成群、成带分布。此外,还存在有低缓的小型台地、隆丘等地貌形体。

2.2.2 陆坡坳地

位于中部断崖以西,水深一般在 1 600 ~ 1 750 m。在坳地的中部偏北位置发育一条 NW 方向的海底峡谷,沿着峡谷还分布有众多的麻坑或小洼地;在坳地的西部及中部小型洼地及麻坑等地貌形体极其发育,各个单体小洼地规模及深浅各不相同,常常以数十个组成群体,成片出现在坳地中部及西部。

2.2.3 海底隆起或海底山岭

本区有 2 处,分别在北部边缘和西南边部。海岭上存在横切山岭的深沟、峡谷或槽沟,这种现象是由于深部泥岩发生穿刺作用而上拱时,对地层发生侧向推挤与重力下滑作用,导致海岭斜坡下部的表层沉积发生揉皱而形成的浅槽与浅沟等微地貌现象。

2.2.4 深水盆地

位于本区东南角,水深大于 2 200 m,与陆坡斜坡之间有一坡度达 8.32°的陡崖过渡。深水盆地

以 3.13% 的坡降向东倾斜, 本区所见仅是深水盆地的一小部分。

2.2.5 海底峡谷

在本区范围内见有数处海底峡谷, 主要分布于本区的中部, 一般呈 NE 方向, 落差一般 50 ~ 80 m, 宽 200 ~ 300 m, 长度数千米至数十千米。在一些峡谷中还发育一些麻坑。本区海底峡谷成因比较复杂, 除部分与海底水流侵蚀作用有关外, 也有不少与构造作用有关。

3 地层发育特征与海洋地质灾害研究

3.1 中浅部沉积地层层序特征

根据相邻区块 JDZ-1 的 Obo-1 井钻探成果, 本区的中浅部地层指的是海底面下 1 000 m 深度范围内的沉积地层, 在这一深度内潜在的地质灾害因素比较多^[4]。根据对三维地震资料的解释成果, 本区浅层地层内存在有 4 个明显的地震反射界面 T₁-T₄, 以这些反射界面为界, 将本区的中浅部地层划分成 4 个层序(图 3)。

第 I 层序位于海底-T₁ 之间, 为与海底面坡度一致的平行地震反射结构, 并显示弱振幅特征, 反射波的连续性好, 反映一种低能沉积环境, 岩性为一套柔软的深海一半深海粘土或软泥^[5]。

第 II 层序位于 T₁-T₂ 之间, 为平行状结构及中一弱振幅的反射特征, 反映中低能向低能过渡的较稳定的沉积环境, 为一套以深海一半深海泥质为主, 夹有粉砂或泥质粉砂地层。

第 III 层序位于 T₂-T₃ 之间, 反射振幅明显比上覆层序增强, 一般为中一强, 反应一种中、低能交互

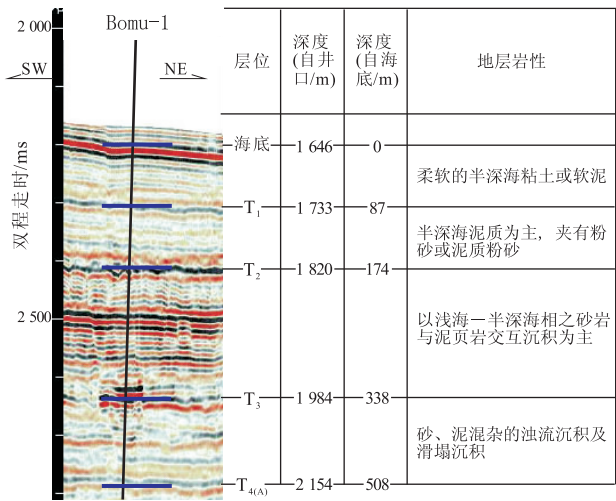


图 3 尼日尔三角洲盆地 JDZ-2 区块浅层地层岩性柱状示意(过 Bomu-1 井)

Fig. 3 Lithologic column of shallow formation in block JDZ-2 in Niger Delta Basin (crossing well Bomu-1)

的沉积环境, 以浅海一半深海相砂岩与泥页岩交互沉积为主。

第 IV 层序位于 T₃-T₄ 之间, 以乱岗状反射结构为主, 代表中一高能水动力条件下的不稳定的多变的沉积环境, 地层为一套砂、泥混杂的浊流沉积及滑塌沉积。

3.2 中浅层内部海洋地质灾害特征分析

通过对二维高分辨率地震及三维地震资料的解释以及综合研究, 参考 Obo-1 井(2006 年钻探, 作业者 ADDAX)、OML130 区块 EGINA 油田、EGINA SOUTH 油田(作业者 TOTAL)钻探过程中得到的经验教训, 在该区块发现以下地质灾害类型(图 4)。

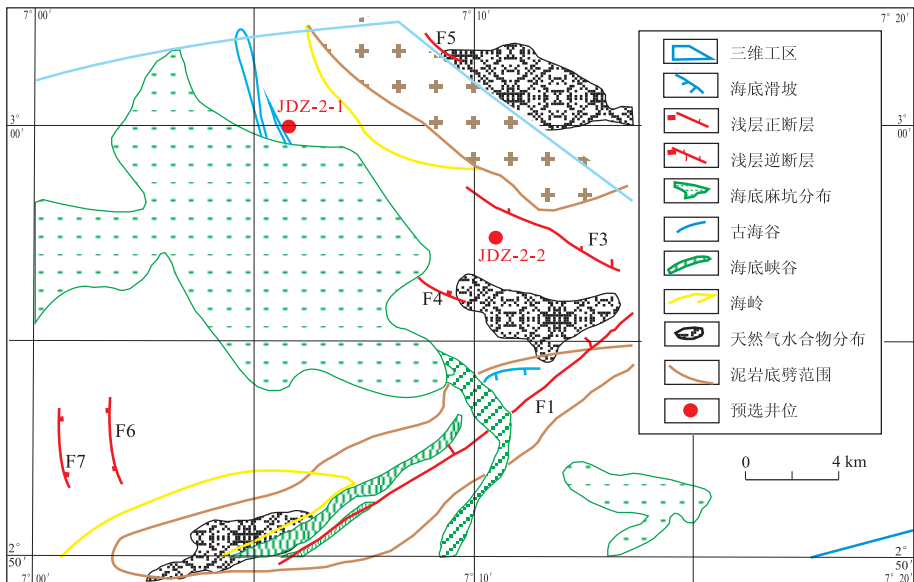


图 4 尼日尔三角洲盆地 JDZ-2 区块地质灾害分布

Fig. 4 Distribution of geologic disasters in block JDZ-2 in Niger Delta Basin

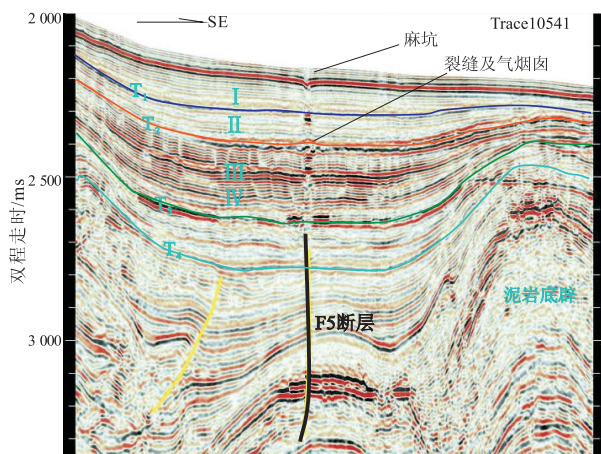


图5 尼日尔三角洲盆地 JDZ-2 区块 F5 断层、层间断层与气烟囱地震反射

Fig.5 Seismic reflection of fault F5, interlayer fault and gas chimney in block JDZ-2, Niger Delta Basin

3.2.1 浅部断层及裂缝

浅部地层中自海底至 T_4 断裂与构造裂缝非常发育,这些断层大多为正断层,少部分为逆冲断层,个别为走滑断层。F1 走滑断层是本区规模最大的一条,斜贯于本区中部,将本区的构造一切为二。F1 以西构造走向一般以 NW 向为主,部分为 NE 向, NW 向断层一般为倾向 NE 的正断层,为反向断层,这些断层有很多都已断至海底。根据国际原子能委员会关于活动断层的定义,该断层应属于活动断层之列,使地表地层松动,并形成沟谷及一系列的坍塌与麻坑现象,使地形复杂化,易造成海洋石油平台基地倾斜垮塌。F1 以东构造线走向基本上为 NE 向。该断层在海底地形与地貌上有非常清楚的显示,并在一定程度上控制了本区构造的发展历史。

在广泛发育的浅部断裂中,有密集的层间断层,它们主要存在于第 III 沉积层序地层中,均为断距较小的正断层,部分断层与浅层气藏相通,一旦钻遇,将对钻井工程构成危害(图5)。

3.2.2 海底不稳定斜坡与滑坡

本区位于盆地前端,在地层深部泥岩穿刺活动与上部重力作用下,大陆斜坡处于不稳定的状态。滑坡是一种斜坡地质灾害,是浅表层沉积物在重力作用下沿斜坡向下运动而产生。本区的海底滑坡一般发生在现代海底沉积的表层几十米至上百米深度范围内,海底地形坡度一般大于 3° ,地层岩性为柔软的半深海粘土,滑坡附近断裂构造比较发育,这些地质因素的存在使本区具备了滑坡发育的条件。

3.2.3 天然气水合物

该三角洲油气富集,同时天然气水合物分布广泛。在本区水合物的分布也很广泛,特别在北部及

西南部由泥岩穿刺隆起而形成的海岭区,水深 1 000 m 以上,温度与压力均满足水合物形成的条件。三维地震剖面中已发现大量的水合物特征反射波,是类冰状固体水合物底部的标志性反射,存在于海底面下约 250 ~ 400 ms 处,反射特征与海底反射近似平行,但反射极性相反,与沉积地层呈斜交关系。由于在海底下处于一种亚稳定状态(冰冻胶结状态),在水合物稳定带的底部有一个低剪切强度的软弱带——游离气带,它在上覆重力负荷作用下或地震及构造应力的触发之下,可以导致海底地质灾害的发生^[6]。

3.2.4 泥岩穿刺构造与泥火山

本区穿刺构造十分发育,几乎每条地震剖面都可见到。从本区地震剖面中穿刺与地层的接触关系分析,最晚一次穿刺的时代应为晚第四纪^[7]。同时从本区断至海底的活动断层的时代分析,它与穿刺的活动时期也是密切相关的,从而可以推断本区在晚第四纪仍有构造运动发生,造成晚近地质时期仍处于构造不稳定状态下。

3.2.5 海底峡谷、槽沟及麻坑

本区海底峡谷与槽沟发育,同时麻坑大量出现(图2)。有很多峡谷与槽沟因构造断裂作用而形成,它们的延伸方向与断裂的走向一致,这些槽沟的形成以构造因为主,侵蚀作用为次。大量的麻坑常常成片、成带出现,属于海底微地貌现象,它是天然气排出海底时形成的塌陷地貌,也对海洋石油钻探造成一定的危害。

3.2.6 古河谷

本区古河谷较为发育,在各个地质历史时期均有所见^[8]。由于河谷中的新沉积层与谷坡上相对较老沉积层在特性上具有差异,会对插桩式海洋石油平台产生影响,此外,常常会有油气的聚集,一旦钻遇易发生井喷。

另外,根据附近钻井资料和该区地震资料做的压力预测,海底至目的层段基本无压力异常。

4 井场海底地形地貌分析及灾害评价

通过三维地震精细解释和地质综合研究,优选了 2 号构造为该区块首选预探目标,在区块构造较高部位部署探井 Bomu-1。首先以预选井位为中心,选择一定评价范围,对预选井场附近进行地质灾害评价,然后优选井场位置。

4.1 井场区海底地形地貌

4.1.1 海底地形特征

评价区域由东北向西南水深逐渐加深(图2,6),

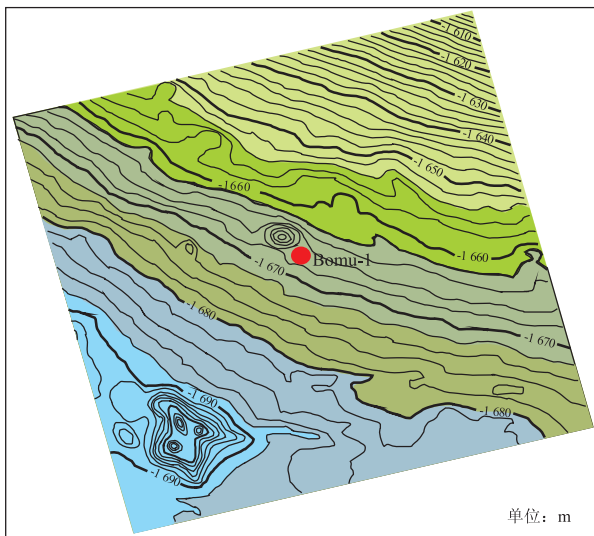


图6 尼日尔三角洲盆地 Bomu-1 井场海底高程

Fig. 6 Seabed elevation around well Bomu-1 in Niger Delta Basin

最浅处水深为 1 600 m, 最深约 1 695 m, 预选探井 Bomu-1 位置水深约 1 667 m。井场区海底有一定的坡度, 由东北角高点至西南低点总体坡降为 1.6%, 地形总体坡度变化不大。

4.1.2 海底地貌特征

Bomu-1 井附近地貌相对简单, 主要发育 7 个麻坑, 其中 3 个麻坑规模及深度较大。位于预选井西北的麻坑距离井位约 80 m, 形状近似圆形, 直径约 260 m, 下凹深度约 15 m, 麻坑下部在 seismic 剖面上具有明显的气烟囱特征, 证明该麻坑是由地层中的气体溢出造成的, 由于距离井位较近, 对钻井安全具有一定的影响。南部 2 个大的麻坑距井位 1 650 m 以上, 对本次钻井作业影响不大。

4.2 井场区浅层地质灾害精细评价

井场区位于泥岩穿刺与叠瓦状逆冲推覆构造带内, 受构造运动的影响, 区内断层、浅层气、泥底辟、天然气水合物等地质灾害发育。

(1) 断层: 通过对井场区高分辨率地震剖面的解释, 发现众多断点, 根据其断层特征, 组合了 6 条浅部断裂, 断距 10 ~ 20 m, 多数与泥岩底辟有关, 为油气提供了运移通道, 也为钻井作业制造了不安全因素。尤其 F5, 该断层位于井的北部, 整体走向近东西向。该断层在井场区延伸长度约为 4 500 m, 距井位最近约 130 m, 为南倾正断层, 断点最高位置断至 T_4 界面下方, 断距约 8 ~ 17 m, 断层上部存在气烟囱(图 5), 分析认为是由于上部地层裂缝多, 气体经裂缝喷出海底后形成麻坑。

(2) 层间断层带: 本井场区层间断层十分发

育, 几乎涵盖了整个井场区, 主要发育在第 III 层组内。从地震剖面上可以看到, 层间断层呈连续、密集状分布, 形成一个断层发育带。断层带内的小断层断距一般在几米至十几米, 最上部距离海底约 150 m, 下部最深处距海底约 300 m。钻井过程中如果钻遇浅层气藏, 气体将沿断层带向上运移, 造成浅层不稳定, 因此钻井过程中应重视。

(3) 泥岩底辟: 底辟构造位于井场区的东北角, 距离设计井位约 1 200 m。泥底辟距离设计井位较远, 对钻井安全影响不大。

(4) 天然气水合物: 井场区范围内也存在水合物, 其分布于井场区的南部, 但大部分区域超出井场区范围, 距离设计井位最近约 2 160 m, 对本井位的施工影响不大。

通过上述深入分析和综合评价, 最终确定了 Bomu-1 井位位置。

5 结论

JDZ-2 区块海底地形地貌复杂多变, 中浅层地质灾害多、类型样式多, 对钻井等作业影响大。通过本次精细研究, 2010 年在 Bomu-1 井场部署和钻探过程中都充分考虑了海底地形地貌和各种潜在的地质灾害因素, 成功避免了各种地质灾害的发生, 在目的层段钻遇多套厚层油气层, 钻达 11 745 ft, 顺利完成了钻井任务。目前正在利用该井及相邻区块研究成果对剩余圈闭进行综合地质评价, 以部署新的井位, 扩大该区块的储量规模。

参考文献:

- [1] Tuttle M L W, Charpentier R R, Brownfield M E. The Niger Delta Petroleum System; Niger Delta Province, Nigeria, Cameroon, and Equatorial Guinea, Africa [J]. U. S. Geological Survey, Open-file Report 99-50-H, 1999: 1-70.
- [2] Bilotti F D, Shaw J H. Deep-water Niger Delta fold and thrust belt modeled as a critical-taper wedge: The influence of elevated basal fluid pressure on structural styles [J]. AAPG Bulletin, 2005, 89: 1475-1491.
- [3] Beka F T, Oti M N. The distal offshore Niger Delta: frontier prospects of a mature petroleum province [M] // Oti M N, Postma G, eds. Geology of Deltas; Rotterdam. Leiden, The Netherlands: A. A. Balkema, 1995: 237-241.
- [4] Evamy B D, Haremboure J, Kamerling P, et al. Hydrocarbon habitat of Tertiary Niger Delta [J]. AAPG Bulletin, 1978, 62: 1-39.
- [5] Bustin R M. Sedimentology and characteristics of dispersed organic matter in Tertiary Niger Delta: origin of source rocks in a deltaic environment [J]. AAPG Bulletin, 1988, 72: 277-298.

(下转第 71 页)

- 多斯盆地为例[J]. 石油实验地质,1980,2(1):13-21.
- [2] 李德生. 重新认识鄂尔多斯盆地油气地质学[J]. 石油勘探与开发,2004,31(1):1-7.
- [3] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,2003:3-4.
- [4] 长庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志 卷十二 长庆油田[M]. 北京:石油工业出版社,1992.
- [5] 赵靖舟,武富礼,闫世可,等. 陕北斜坡东部三叠系油气富集规律研究[J]. 石油学报,2006,27(5):24-27.
- [6] 赵靖舟,杨县超,武富礼,等. 论隆起背景对鄂尔多斯盆地陕北斜坡区三叠系油藏形成和分布的控制作用[J]. 地质学报,2006,80(5):648-655.
- [7] 赵靖舟,王永东,孟祥振,等. 鄂尔多斯盆地陕北斜坡东部三叠系长2油藏分布规律[J]. 石油勘探与开发,2007,34(1):23-27.
- [8] 武富礼,赵靖舟,闫世可,等. 陕北地区中生界石油补偿成藏规律研究[J]. 石油学报,2007,28(3):23-26.
- [9] 武富礼,王变阳,赵靖舟,等. 鄂尔多斯盆地油藏序列特征及成因[J]. 石油学报,2008,29(5):639-642.
- [10] Schmoker J W. National assessment report of USA oil and gas resources[DB/CD]. Reston: USGS, 1995.
- [11] Schmoker J W. US geological survey assessment concepts for continuous petroleum accumulations[CD]// USGS Southwestern Wyoming Province Assessment Team, ed. Chapter 13 of petroleum systems and geologic assessment of oil and gas in the Southwestern Wyoming Province, Wyoming, Colorado, and Utah. US Geological Survey Digital Data Series DDS-69-D. Denver: US Geological Survey, 2005:7.
- [12] Schmoker J W. Resource-assessment perspectives for unconventional gas systems[J]. AAPG Bulletin,2002,86(11):1993-1999.
- [13] 邹才能,陶士振,袁选俊,等. “连续型”油气藏及其在全球的重要性:成藏、分布与评价[J]. 石油勘探与开发,2009,36(6):669-682.
- [14] 邹才能,陶士振,袁选俊,等. 连续型油气藏形成条件与分布特征[J]. 石油学报,2009,30(3):324-331.
- [15] 赵靖舟,曹青,王晓梅,等. 中国致密砂岩大气田成藏模式[C]//第四届中国石油地质年会论文摘要集,第四届中国石油地质年会,北京,2011. 北京:石油工业出版社,2011:126.
- [16] 赵靖舟,白玉彬,曹青,等. 论准连续型致密大油气田成藏模式与形成条件[C]//首届非常规油气成藏与勘探评价学术讨论会论文及摘要集(专题一):致密砂岩油气成藏与勘探,首届非常规油气成藏与勘探评价学术讨论会,西安,2011:248.
- [17] 赵靖舟,白玉彬,曹青,等. 鄂尔多斯盆地准连续型致密砂岩大油田成藏模式与分布规律[C]//首届非常规油气成藏与勘探评价学术讨论会论文及摘要集(专题一):致密砂岩油气成藏与勘探,首届非常规油气成藏与勘探评价学术讨论会,西安,2011:249.
- [18] 赵靖舟,付金华,姚泾利,等. 鄂尔多斯盆地准连续型致密砂岩大气田成藏模式[J]. 石油学报,2012,33(增刊1):37-52.
- [19] 赵靖舟,付金华,姚泾利,等. 鄂尔多斯盆地致密砂岩大油气田形成及分布规律[M]//李德生. 中国多旋回叠合含油气盆地构造学. 北京:科学出版社,2012:183-216.
- [20] 杨华,张文正. 论鄂尔多斯盆地长7段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用:地质地球化学特征[J]. 地球化学,2005,34(2):147-154.
- [21] 张文正,杨华,李剑锋,等. 论鄂尔多斯盆地长7段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用:强生排烃特征及机理分析[J]. 石油勘探与开发,2006,33(3):289-293.
- [22] 李文厚,庞军刚,曹红霞,等. 鄂尔多斯盆地晚三叠世延长期沉积体系及岩相古地理演化[J]. 西北大学学报:自然科学版,2009,39(3):501-506.
- [23] 陈瑞银,罗晓容,赵智智,等. 鄂尔多斯盆地中生代热异常及烃源岩热演化特征[J]. 石油勘探与开发,2007,34(6):658-663.
- [24] 赵孟为,Behr H J. 鄂尔多斯盆地三叠系镜质体反射率与地热史[J]. 石油学报,1996,17(2):15-23.
- [25] 任战利,赵重远,张军,等. 鄂尔多斯盆地古地温研究[J]. 沉积学报,1994,12(1):56-65.
- [26] 任战利,张盛,高胜利,等. 鄂尔多斯盆地构造热演化史及其成藏成矿意义[J]. 中国科学:D辑,地球科学,2007,37(增刊I):23-32.
- [27] 任战利. 鄂尔多斯盆地热演化史与油气关系的研究[J]. 石油学报,1996,17(1):17-24.
- [28] 赵孟为. 鄂尔多斯盆地油气形成与运移时间和运移方向的确定与勘探方向[J]. 石油实验地质,1996,18(4):341-347.
- [29] 黄志龙,江青春,席胜利,等. 鄂尔多斯盆地陕北斜坡带三叠系延长组 and 侏罗系油气成藏期研究[J]. 西安石油大学学报:自然科学版,2009,24(1):21-24.
- [30] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,2002.

(编辑 韩 斌)

(上接第64页)

- [6] Udo O T,Ekweozor C M,Okogun J I. Petroleum geochemistry of an ancient clay-filled canyon in the western Niger delta, Nigeria[J]. Nigerian Association of Petroleum Explorationists Bulletin,1988,3:8-25.
- [7] Corredor F,Shaw J H,Bilotti F. Structural styles in the deepwater fold and thrust belts of the Niger Delta[J]. AAPG Bulletin,2005,89:753-780.
- [8] Fonnenu F. 3-D seismic images of a low-sinuosity slope channel and related depositional lobe (West Africa deep offshore)[J]. Marine and Petroleum Geology,2003,20:615-629.

(编辑 徐文明)