

渤南油田义65区块开发后期沉积相再认识

高宝国^{1,2},徐福刚²,徐涛²

(1. 中国石油大学, 山东 青岛 266555; 2. 中国石化胜利油田分公司, 山东 东营 257200)

摘要:渤南油田义65块为开发了30多年的低渗透油藏,主力油层为沙河街组三段9砂组。在开发后期,利用岩心、地质和丰富的测井、开发资料,对沉积特征及沉积微相的展布进行再认识,确认其为浊积扇沉积,按沉积特征可进一步划分出内扇、中扇和外扇3个亚相及若干微相。并对各亚相、微相特征进行了描述,分小层绘制了沉积微相平面分布图。中扇亚相是义65块浊积扇体的主体部分,根据沉积特征可细分为辫状水道微相、辫状水道间微相、辫状水道侧缘微相、朵状体微相。中扇辫状水道微相和朵状体微相储层最为发育。平面上,各小层以辫状水道为中心,向外依次发育水道间、辫状水道侧缘和扇缘沉积微相,在部分辫状水道末端发育朵状体,水道展布方向为南-北向或东南-西北向。

关键词:浊积扇;沉积特征;沉积相;低渗透油藏;义65块;渤南油田

中图分类号:TE121.3 **文献标识码:**A

New understanding of sedimentary facies of Es³⁽⁹⁾ in Yi 65 Block of Bonan oilfield at later stage of productionGao Buoguo^{1,2}, Xu Fugang², Xu Tao²

(1. China University of Petroleum, Qindao, Shandong 266555, China; 2. Shengli Oilfield Branch, SINOPEC, Dongying, Shandong 257200, China)

Abstract: The major pay zone of Yi 65 block in Bonan Oilfield, a low permeability reservoir in production over 30 years, is the 9th sand unit of the 3rd Member of Shahejie Formation (Es³⁽⁹⁾). Nowadays, Yi65 block is at the later production stage. Based on the core, geologic, well logging and production data, we restudied the sedimentary features and microfacies of the major pay zone in the study area. The results show that it is turbidite fan deposit, and can be further divided into three subfacies (inner fan, mid-fan and outer fan) and several microfacies. We described the subfacies and microfacies and mapped the distribution of the sedimentary microfacies of each sublayer. The mid-fan is the main part of the turbidite fan in the study area, and can be further divided into braided channel, inter-braided channel, lateral wing of braided channel and lobes. Reservoirs of the braided channel and lobes are best developed. On plane view, the braided channel occurs in the central part, with the inter-braided channel, lateral wing of braided channel and lower fan occurring successively outwards. The lobes occur at the end of some braided channel. And the braided channels are of SN-trending or SE-NW-trending.

Key words: turbidite fan, sedimentary characteristics, sedimentary facies, low permeability reservoir, Yi 65 block, Bonan oilfield

渤南油田义65块位于济阳坳陷沾化凹陷渤南洼陷的缓坡断阶带。渤南洼陷缓坡沙河街组三段(沙三段)沉积时,断陷活动强烈,湖盆持续拉张、裂陷,盆地快速沉降,湖盆水体变深;三级台阶的古地形特征和断裂坡折带的形成,使得渤南洼陷缓坡带地貌分异明显,形成一定的地形坡降;由于构造活动强烈,盆地周缘剥蚀强烈,物源充沛^[1-4]。前人对渤南洼陷沉积储层的研究取得较多成果^[5-16],在取得一定共识的同时,也存在一定分歧。在经历了30多年的开发后,为了精细地质建模和开发调整的需要,利用岩心分析资料,结合

大量的测井和开发方面的资料,对义65块9砂组沉积相和微相展布开展了综合研究和再认识。

1 沉积相标志

1.1 岩石学特征

根据义65块取心井的岩样分析,沙三段9砂组砂岩颜色以灰色、深灰色为主,岩性主要是细砂岩为主,夹中砂岩、含砾砂岩和灰质砂岩,主要岩石类型为岩屑质长石砂岩和长石质岩屑砂岩,平均石英含量39.79%,长

收稿日期:2013-03-22;修订日期:2014-05-19。

第一作者简介:高宝国(1972—),男,高级工程师,石油开发地质。E-mail:gaobaoguo_slyt@sinopec.com。

基金项目:国资委示范工程项目“胜利油田深层滩坝砂低渗透油藏有效动用工程”(YTY0803)。

石含量 33.6%, 岩屑含量 26.8%, 颗粒分选中等偏差, 磨圆多为次棱角状, 偶有棱-次棱角状, 结构成熟度和成分成熟度较低, 反映沉积区离物源区很近。杂基含量较高, 接近 5.61%, 胶结物主要是白云石方解石, 其平均含量为 5.6%。泥岩颜色较深, 以深灰色为主, 局部见棕褐色油页岩或灰质泥岩, 反映深水沉积特征。

1.2 沉积构造特征

义 65 块沙三段 9 砂组沉积构造类型丰富, 见混杂组构, 反映近源快速堆积过程, 泥岩段上可见冲刷面, 常见滑塌变形构造、包卷层理和泥岩撕裂屑(图 1)。这些沉积构造都反映强水动力环境, 快速沉积, 是浊流沉积体系的特征^[17-20]。

1.3 粒度特征

粒度特征是沉积水动力条件的沉积响应。粒度分析的目的是研究碎屑岩的粒度大小和粒度分布, 进而衡量碎屑颗粒的搬运能力, 判别沉积自然地理环境和水动力条件。

$C-M$ 图用于区分搬运沉积物的底流是牵引流还是重力流, C 值是累积曲线上 1% 处对应的粒度(最粗颗粒粒度), M 是 50% 处对应的粒度(粒度中值)。绘制义 65 块 9 砂层组各小层的 $C-M$ 图(图 2), 可以看出各小层

的数据点总体分布平行于 $C=M$ 基线分布, 体现递变悬浮、整体沉降的特征, 为典型的浊流沉积特征^[21-22]。

粒度概率曲线能很好地体现沉积物的搬运方式, 指示沉积环境。由义 65 块沙三段 9 砂组概率累积曲线可以看出, 粒度分布范围宽, 以单段式平缓直线和略上凸的弧型为主, 少部分两段式, 斜率低, 无明显的粗、细截点(图 3), 说明以悬浮组分为主, 总体反映以重力流为主。

2 沉积相类型及特征

通过区域沉积相研究, 综合研究区岩性、电性和粒度特征, 认为义 65 块沙三段 9 砂组主要发育深湖-半深湖环境下的浊流沉积体系, 沉积厚度大, 连续性好, 发育内扇亚相、中扇亚相、外扇亚相。

2.1 内扇亚相

内扇亚相位于浊积扇的根部, 总体上粒度相对较粗, 根据岩性组合、结构、构造特征分析, 主要发育主水道微相。

主水道微相, 由高密度洪水冲蚀而成, 是内扇亚相中最具特色的沉积微相类型, 主要岩性含砾砂岩, 砂岩中以发育冲刷面为特征, 反映了洪水的频繁冲刷和充



图 1 渤南油田义 65 块沙三段 9 砂组沉积构造

Fig. 1 Sedimentary structures of Es³⁽⁹⁾ in Yi 65 block of Bonan oilfield

a. 包卷层理; b. 泥岩撕裂屑; c. 滑塌构造

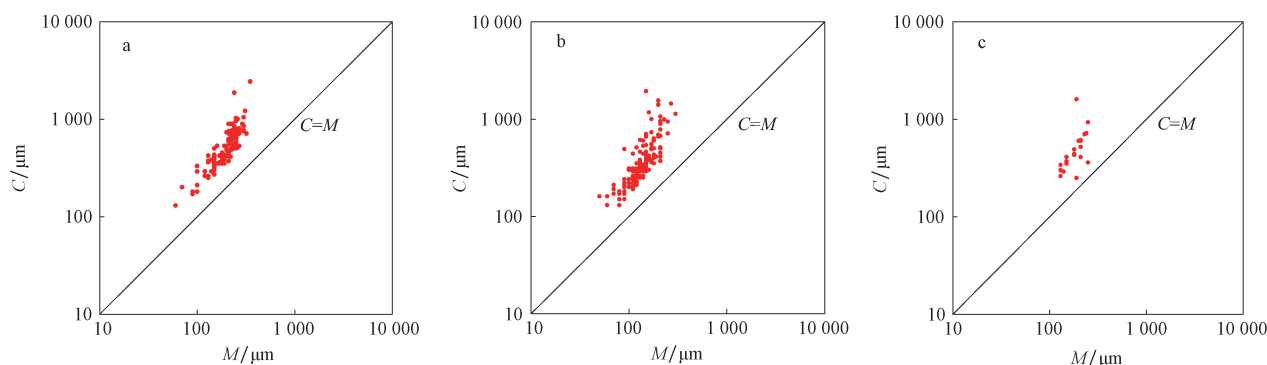


图 2 渤南油田义 65 块沙三段 9 砂组部分小层 $C-M$ 图

Fig. 2 $C-M$ diagram of Es³⁽⁹⁾ of sublayers in Yi 65 block of Bonan oilfield

a. 9¹ 小层; b. 9² 小层; c. 9³ 小层

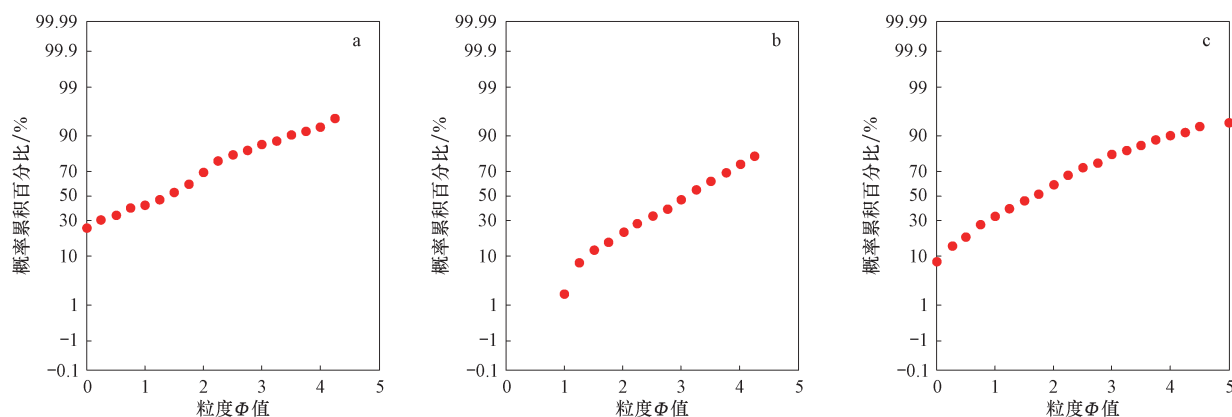


图3 渤南油田义65块沙三段9砂组储层粒度概率累计曲线

Fig. 3 Probability cumulative curves of grain-size of Es³⁽⁹⁾ in Yi 65 block of Bonan oilfield

a. 5-3-01井; b. 5-7井; c. 5-J1井

填过程,在粒度分布上表现为粒级分布广、斜率低、截点不明显等特征,反映其为快速堆积条件的重力流沉积。在测井曲线上多表现为正旋回特征,单个旋回为钟形或箱形。

2.2 中扇亚相

中扇亚相是义65块浊积扇体的主体部分,占据了浊积扇的大部分面积,砂岩粒度较内扇亚相稍细。根据其沉积特征可细分为辫状水道微相、辫状水道间微相、辫状水道侧缘微相、朵状体微相。

辫状水道微相是浊积扇最重要的沉积类型,也是重要的油气储集体。辫状水道沉积微相的岩石类型主要以块状细砂岩、含泥砾粉细砂岩为主,夹薄层粉砂岩,主要发育鲍玛序列的B-C组合及A-B-C组合。自然电位曲线特征类型比较复杂,包括箱形、钟形、钟形箱形组合形、齿化箱形等。

辫状水道间微相位于中扇辫状水道间的细粒沉积,由水流溢出辫状水道后沉积而成,主要岩石类型为泥质砂岩、粉砂岩为主夹薄层的泥。自然电位曲线呈中-低幅的齿形和指形。

辫状水道侧缘微相发育在中扇辫状水道边缘,主要是水流流出辫状水道后所携带的物质在出口外沉积而成,沉积物的粒度较细,以薄层细-粉砂岩、泥岩互层为主,厚度较小,自然电位曲线为中-低幅的箱型、钟形及其复合型。

朵状体微相主要分布在中扇的无水道的部分,岩石粒度较粗,沉积厚度较大。主要是无水道的沉积物的重力滑塌作用形成,是较好的储层。岩石类型以粉细砂岩为主;自然电位曲线呈中低幅的漏斗、漏斗-箱形组合。

2.3 外扇亚相

外扇亚相位于扇体的最前端的无水道的沉积部分,发育扇缘微相,主要的岩石类型为泥质粉砂岩和暗

色的泥岩,自然电位曲线表现为幅度极低的锯齿形和泥岩基线。

3 沉积相平面分布

首先,利用岩心和测井资料,对取心井开展单井相分析,确定沉积相在测井曲线上的响应特征;然后,利用测井曲线开展未取心井单井相分析,结合单井相和剖面相分析,对沉积相平面展布进行研究。

义65块沙三段9砂组分为9¹, 9², 9³共3个小层,结合砂体等厚图和测井沉积相标志绘制各小层沉积微相图,认识沉积微相平面分布状况。各小层主要发育中扇和外扇亚相,以辫状水道为中心,向外依次发育水道间、辫状水道侧缘和扇缘沉积微相,在部分辫状水道末端发育朵状体。

9¹小层沉积体位于区块中部-西部,发育一条主辫状水道,自东南相西北延伸(图4)。9²小层全区分布,有3条辫状水道分别从南部向北延伸,在中后部分叉,向不同方向分流(图5)。9³小层内部划分成6期沉积砂体,各期砂体总体均呈南北向展布,沉积中心由区块中部逐步向西部迁移;除第3期发育两条辫状水道外,其他5期各发育一条辫状水道,从南向北延伸,有分支。

4 结论

1) 以区域地质资料、岩心观察、测井资料为基础,结合单井岩相组合特征分析,确认渤南油田义65块沙三段9砂组为深湖-半深湖环境下的浊流沉积体系。

2) 渤南油田义65块沙三段9砂组浊流沉积进一步划分为内扇亚相(发育主水道等微相)中扇亚相(发育辫状水道、水道间、辫状水道侧缘、朵状体等微相)和外扇亚相(发育扇缘等微相),其中,辫状水道、朵状体为储层沉积主体。

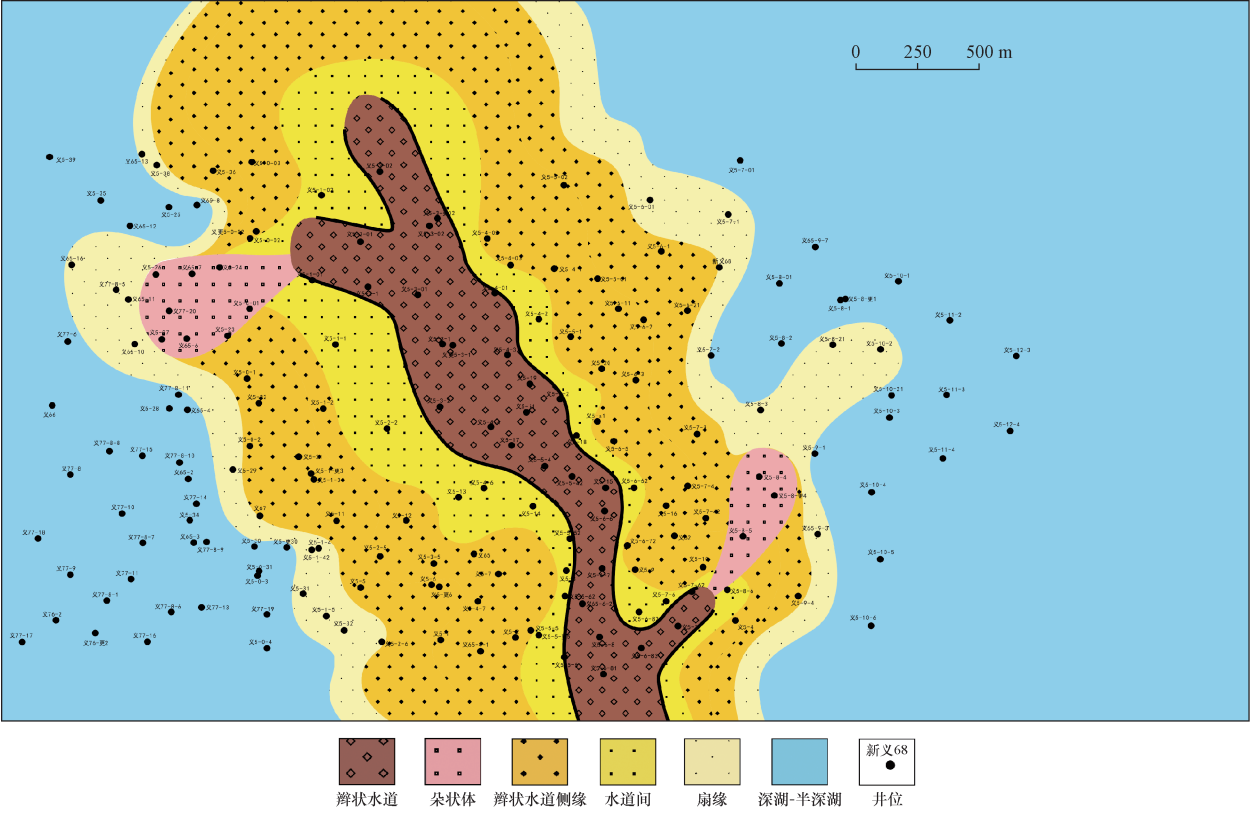


图 4 渤南油田义 65 块沙三段 9¹ 小层沉积相微平面

Fig. 4 Plane view of sedimentary microfacies of Es³⁽⁹¹⁾ in Yi 65 block of Bonan oilfield

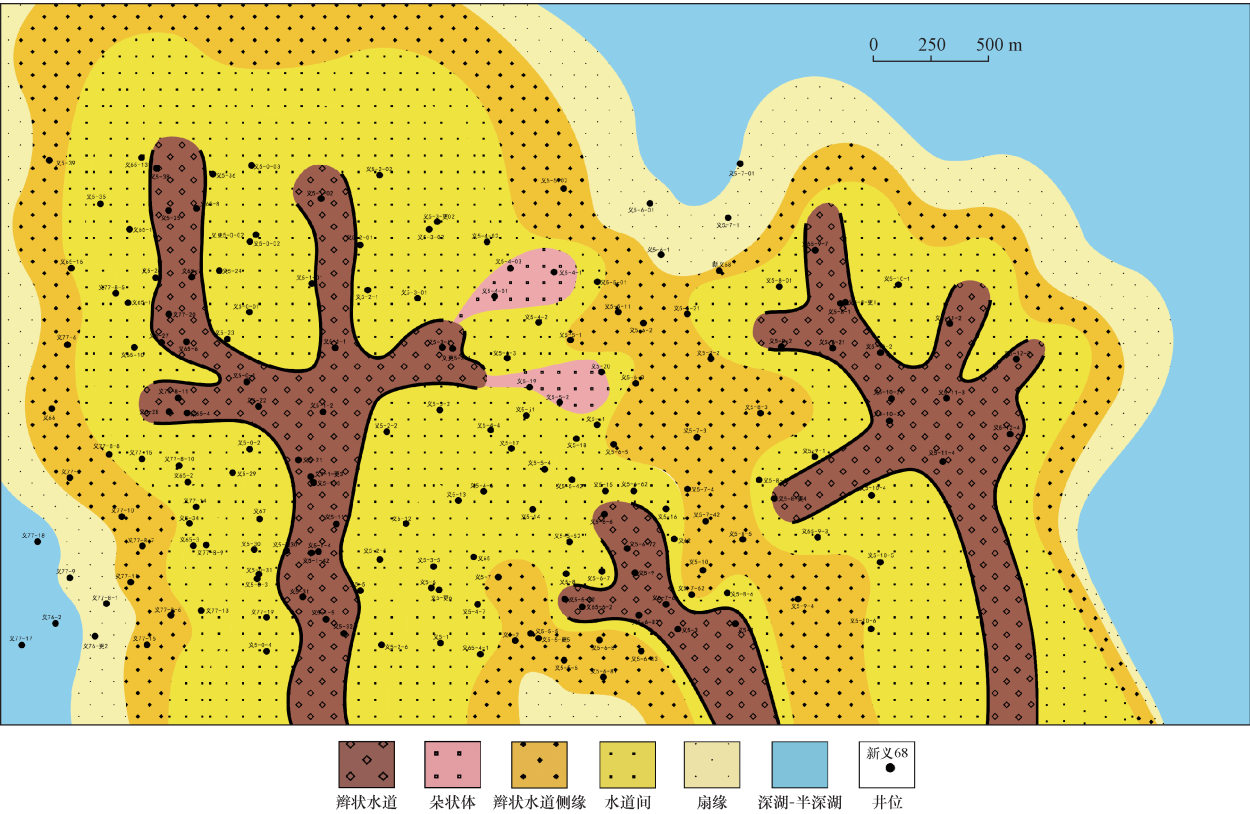


图 5 渤南油田义 65 块沙三段 9² 小层沉积相微平面

Fig. 5 Plane view of sedimentary microfacies of Es³⁽⁹²⁾

3) 对渤南油田义 65 块 9 砂组沉积微相与储层特征的再认识,为精细地质建模和开发调整提供了指导。

参考文献

- [1] 张宇. 渤南洼陷同沉积断裂构造坡折带对沉积的控制作用[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2010, 40(5): 860-865.
Zhang Yu. The controlling role of syndepositional fault structural slope-break zone to depositional system in Bonan sub-sag[J]. Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 2010, 40(5): 860-865.
- [2] 倪金龙, 吕宝凤, 林玉祥, 等. 渤南洼陷断裂坡折带系统及其沉积模式[J]. 桂林工学院学报, 2007, 27(2): 153-158.
Ni Jinlong, Lu Baofeng, Lin Yuxiang et al. Fault Slope break system and control on deposit model in Bonan depression, Bohai bay basin[J]. Journal of Guilin University of Technology, 2007, 27(2): 153-158.
- [3] 郝雪峰. 东营凹陷沙三—沙四段砂岩储层超压成因与演化[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(2): 167-173.
Hao Xuefeng. Overpressure genesis and evolution of sandstone reservoirs in the 3rd and 4th members of Shahejie Formation, the Dongying Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(2): 167-173.
- [4] 孙永河, 赵博, 董月霞, 等. 南堡凹陷断裂对油气运聚成藏的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(4): 540-549.
Sun Yonghe, Zhao Bo, Dong Yuxia, et al. Control of faults on hydrocarbon migration and accumulation in the Nanpu Sag[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(4): 540-549.
- [5] 董春梅, 宋春刚. 渤海湾盆地渤南油田沙三段沉积微相研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(4): 375-380.
Dong Chunmei, Song Chun-gang. Study on the sedimentary microfacies of the sha-3 member on Bonan oilfield[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(4): 375-380.
- [6] 李丹, 杨玲, 于景峰. 渤南油田义65块沙三段扇三角洲沉积特征[J]. 复杂油气藏, 2010, 3(3): 13-16.
Li Dan, Yang Ling, Yu Jingfeng. Depositional feature of the fan delta from the third member of Shahejie Formation in Block 5 of Bonan Oilfield[J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2010, 3(3): 13-16.
- [7] 康仁华, 刘魁元, 赵翠霞, 等. 济阳坳陷渤南洼陷古近系沙河街组沉积相[J]. 古地理学报, 2002, 4(4): 19-29.
Kang Renhuang, Liu Kuiyuan, Zhao Cuixia, et al. Sedimentary facies of the sha he jie formation of paleogene in Bonan sag of Jiyang depression[J]. Journal of Palaeogeography, 2002, 4(4): 19-29.
- [8] 江青春, 王海, 李丹, 等. 地震波形分类技术应用条件及其在葡北地区沉积微相研究中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(1): 135-140.
Jiang Qingchun, Wang Hai, Li Dan, et al. Application conditions of seismic waveform classification technique and its use in the study of sedimentary microfacies of Pubei area[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(1): 135-140.
- [9] 武法东, 陈永进, 黄高健, 陈建渝. 渤南油田义65块、六区层序地层格架与沉积类型[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(5): 30-33.
Wu Fadong, Chen Yongjin, Huang Gaojian, et al. Sequence stratigraphic framework and sedimentary types in the Block 5 and 6, Bonan Oilfield[J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(5): 30-33.
- [10] 李小梅. 渤南油田沙三段湖泊浊流沉积及其演化[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(1): 68-70.
Li Xiaomei. Lacustrine turbidite deposit and evolution of third member of shahejie formation in Bonan Oilfield[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2005, 26(1): 68-70.
- [11] 郝志伟, 朱定蓉, 高秋菊, 董明, 林述喜, 巴素玉. 济阳坳陷渤南地区沙三段浊积扇体油藏综合描述[J]. 油气地球物理, 2008, 6(3): 40-43.
Hao Zhiwei, Zhu Dingrong, Gao Qiuju et al. The fan body comprehensive description of oil reservoir in Bonan area of Sha three section turbidity in Jiyang depression[J]. Petroleum Geophysics, 2008, 6(3): 40-43.
- [12] 白振瑞, 邢凤存, 李会宪. 柯坪露头区柯坪塔格组河流作用为主的三角洲沉积特征及其油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 217-224.
Bai ZhenRui, Xing Fengcun, Li Huixian. Sedimentary features of fluvial-dominated delta in the Kepingtage Fm in Keping outcrop area and their significance for petroleum exploration[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(2): 217-224.
- [13] 佟彦明, 韩飞, 何幼斌, 彭德堂. 渤海湾盆地渤南洼陷古近系沙河街组三段沉积相的GIS辨析[J]. 古地理学报, 2008, 10(2): 215-220.
Tong Yanming, Han Fei, He Youbin, Peng Detang. Analysis based on GIS of sedimentary facies of the member 3 of paleogene Shahejie formation in Bonan Sag, Bohai Bay Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(2): 215-220.
- [14] 刘魁元. 渤南洼陷沙三段浊积水道砂岩油藏相控储层预测[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2008, 32(1): 24-28.
Liu Kuiyuan. Facies-controlling reservoir prediction of turbidity channel sandstone reservoir of Es3 in Bonan subsag[J]. Journal of China University of Petroleum, 2008, 32(1): 24-28.
- [15] 远光辉, 操应长, 王艳忠. 东营凹陷民丰地区沙河街组四段—三段中亚段沉积相与沉积演化特征[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 277-286.
Yuan Guanghui, Cao Yingchang, Wang Yanzhong. Sedimentary facies and their evolution of the 4th-middle 3rd members of Shahejie Formation in Minfeng area, Dongying Sag[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(2): 277-286.
- [16] 程桂玲. 渤南洼陷沙三段中亚段9砂组储层特征及分布规律[J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(3): 54-58.
Cheng Guiling. Studies on reservoir spaces of mud stone and shale of the lower section of ES3 in Bonan Subsag[J]. Petroleum Geology and Recover Efficiency, 2009, 16(3): 54-58.
- [17] 姜在兴. 沉积学[M]. 2版. 北京: 石油工业出版社, 2010.
Jiang Zaixing. Sedimentology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010.
- [18] 尚建林, 金振奎, 王林生, 等. 准噶尔盆地百口泉地区白碱滩组沉积相新认识[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(6): 583-585.
Shang Jianlin, Jin Zhenkui, Wang Linsheng, et al. New understanding of sedimentary facies of Baijiangtan formation in Balkouquan Area, Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2011, 32(6): 583-585.
- [19] 杨婷, 王建新, 王璞, 等. 贝尔凹陷贝西地区南屯组沉积相特征[J]. 新疆石油地质, 2010, 31(2): 146-149.
Yang ting, Wang Jianxin, Wang pu, et al. Sedimentary facies of nantun formation in Beixi Area of Beier Sag. [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2010, 31(2): 146-149.
- [20] 宋小勇. 重力流沉积研究综述[J]. 特种油气藏, 2010, 17(6): 6-11.
Song Xiaoyong. Review on sediment gravity flow. [J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2010, 17(6): 6-11.
- [21] 刘建锋, 朱筱敏, 王敏, 等. 泌阳凹陷核桃园组三段上亚段滑塌浊积扇沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(54): 743-750.
Liu Jianfeng, Zhu Xiaomin, Wang min, et al. Sedimentary characteristics of slump turbidite fans in the upper third member of the Hetaoyuan formation in the Biyang Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(54): 743-750.
- [22] 姜辉. 浊流沉积的动力学机制与响应[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 428-435.
Jiang hui. Dynamical mechanism and depositional responses of turbidity current sedimentation [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 428-435.

(编辑 高岩)