

文章编号:0253-9985(2012)06-0914-09

黄骅坳陷板桥油田板桥油层沉积特征及演化

宋 璠¹, 苏妮娜¹, 侯加根², 杨少春¹, 朱春艳¹, 张瑞香¹

(1. 中国石油大学 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580; 2. 中国石油大学 地球科学学院, 北京 102249)

摘要:渤海湾盆地黄骅坳陷板桥油田板桥油层沉积时期是黄骅坳陷断陷活动最强时期, 湖盆迅速扩张使得盆地可容空间远大于沉积物补给, 在油田的北区、中区形成了典型的深水重力流水道沉积, 而南区受古地貌控制发育浅水滩坝沉积。通过岩心观察、相标志及测井相研究, 在该区共识别出8种沉积微相。其中, 重力流水道包括主水道、分支水道、水道侧翼和水道漫溢微相, 滩坝沉积包括坝主体、坝侧缘、内缘滩和外缘滩微相。受湖盆扩张、沉积物源、古地貌及古气候等多种条件控制, 垂向上沉积规模逐渐减小。沉积末期重力流水道仅在北区发育, 弯曲分叉现象明显; 南区滩坝沉积消亡。该区沉积特征及演化的精细研究, 为进一步调整开发井网奠定了基础。

关键词:滩坝; 重力流水道; 沉积特征; 沉积相演化; 板桥油田; 黄骅坳陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

Sedimentary characteristics and evolution of the Banqiao reservoir in Banqiao oilfield, Huanghua Depression

Song Fan¹, Su Nina¹, Hou Jiagen², Yang Shaochun¹, Zhu Chunyan¹ and Zhang Ruixiang¹

(1. School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266580, China;

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

Abstract: The sedimentation of the Banqiao reservoir in the Banqiao oilfield occurred during the most active tectonism of the Huanghua Depression in the Bohai Bay Basin. The basin expanded so quickly that the accommodation space it provided was far more spacious for sedimentation. The typical deep-water gravity flow deposits were formed in the northern and central parts of the oilfield, while the shallow-water beach-bar deposits were formed in the southern part under the control of palaeo-geomorphology. Eight sedimentary micro-facies were identified in the study area through core observation and study of facies markers and logging facies. The gravity flow channel facies can be divided into 4 microfacies including main channel, distributary channel, channel flank and overflow. The beach-bar facies also can be divided into 4 microfacies, including main bar, bar flank, inner-margin beach and outer-margin beach. The sedimentary scale shrunk vertically due to many factors such as lake basin expansion, sediment input, palaeo-geomorphology and palaeo-climate. At the end of deposition, the gravity flow channel deposits were only developed in the northern part and the winding and forking phenomenon can be easily observed, while the beach-bar disappeared. The fine study of the sedimentary characteristics and evolutions in the area lays a sound foundation for adjustment of development well pattern.

Key words: beach bar, gravity flow, sedimentary characteristics, sedimentary facies evolution, Banqiao oilfield, Huanghua Depression, Bohai Bay Basin

板桥凹陷位于渤海湾盆地内黄骅坳陷中北部, 西以沧东断裂为界、北以海河断裂与北塘凹陷相接, 东南以北大港断裂与歧口凹陷相邻, 西南止

于沈青庄潜山构造带, 呈北北东向展布。板桥油田位于凹陷东北部板桥断裂构造带的主体部位, 断层发育, 沉积类型多样, 油藏类型复杂, 为一复

收稿日期: 2011-10-15; 修订日期: 2012-11-20。

第一作者简介: 宋璠(1982—), 男, 讲师, 沉积储层。

基金项目: 教育部博士点基金项目(20120133120013); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(27R1201009A); 山东省自然科学基金项目(ZR2011DL005)。

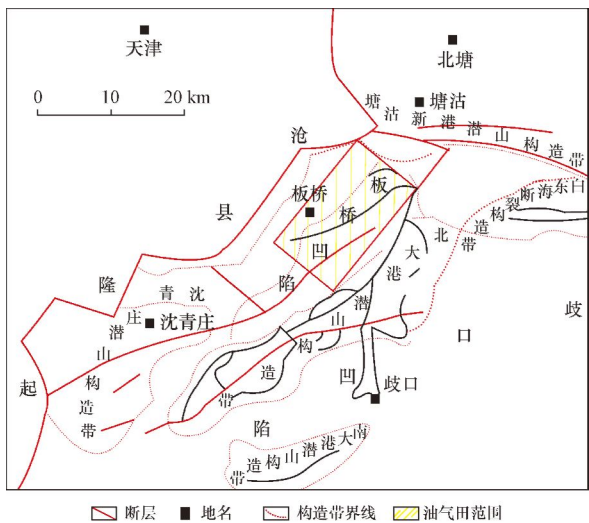


图1 黄骅坳陷板桥油田构造位置
Fig.1 Structural location of Banqiao oilfield in the Huanghua Depression

式断块油气田(图1)。钻井揭示该区含油层段主要为古近系沙河街组、东营组以及新近系,板桥油层对应于沙河街组一段(沙一段)中亚段和沙一段下亚段,迄今为止探明原油地质储量占总储量的74.8%,是板桥油田的主力生产层段。

尽管前人已在板桥凹陷做过大量研究工作:其中陈纯芳等(2001)、魏华均等(2006)、黄传炎等(2007)、侯宇光等(2010)、王冰洁等(2010)对板桥凹陷整体以及凹陷西部沙河街组沉积物源、沉积环境及沉积体系进行了研究^[1-6],但多认为

是三角洲相和水下扇相,且对于凹陷东北部板桥油田的沉积相研究精度明显不足。文中在前人研究的基础上,通过板桥油田60口取心井2 000多米的岩心观察以及700余口井的基础地质研究,指出油田内板桥油层在沉积物源、古地貌控制下,发育深水重力流水道和浅水滩坝两种沉积相,重点研究了不同时期沉积微相特征,阐明其演化规律,为油田进一步调整开发井网奠定了基础。

1 地层特征及沉积环境

板桥油层具有正旋回交替的沉积特点,砂、泥岩互层,韵律频繁。依据沉积特征及油水系统可将该油层进一步划分为5个油组、28个小层(表1)。从700余口井地层厚度统计数据可知,该区地层厚度变化较大:平面上中部最厚,东北部和西北部次之,南部属二级断层上升盘,地层最薄;垂向上,由下至上各油组地层呈减薄趋势,至顶部板0油组为厚层稳定的半深湖泥岩偶夹薄层砂岩。

板桥凹陷在沙三段沉积时期,区内几条二级断层开始活动,形成了沟梁相间的古地貌特征,主要发育湖底扇辫状沟道沉积。沙二段时期整个黄骅坳陷为断陷间歇期,黄骅坳陷周边逐渐抬升,出现了平缓的湖岸与统一的中央大凹陷,板桥凹陷在湖水波浪作用下形成了典型的滩坝沉

表1 板桥油层地层划分及岩性特征

Table 1 Stratigraphic division and lithologic features of the Banqiao reservoir

地层	油组	小层	厚度/m	岩性特征	层序	体系域
新近系			896~2 175	棕红色泥岩夹灰色砂岩	A	
古近系	东营组		66~1 141	灰色泥岩与砂岩互层	B	高位体系域
	一段上亚段		86~238	灰色泥岩与灰白色粉、细砂岩互层		
	一段中亚段	板0	1—4	80~491		
	一段下亚段	板1	5—8	15~149	B	水进体系域
		板2	9—12	68~208		
		板3	13—18	78~216		
		板4	19—28	195~482		
	二段		290~658	灰色泥岩与灰白色砂岩互层,泥岩颜色较杂	C	低位体系域
	三段		254~580	深灰色泥岩夹灰色砂岩,砂岩以中砂、粗砂为主		

积^[7]。沙一段板桥油层沉积时属于水进体系域,是黄骅坳陷断陷活动最强时期,强烈的拉张断陷使盆地可容空间远大于沉积物补给,出现欠补偿沉积,典型的优势沉积作用主要为东北、西北方向的三角洲沉积发生重力崩落滑塌、水道搬运等。

2 沉积相类型及特征

通过对60口取心井岩心观察以及640余口非取心井测井相分析,结合30余条地震剖面的反射特征和地震相研究,认为板桥油田板桥油层既不属于三角洲沉积,也不是单纯的重力流沉积,而是由多个物源供给、受古地貌控制下形成的深水重力流水道和浅水滩坝共存的沉积环境。板桥油田西北部和东北部的三角洲沉积物受重力作用滑塌后经水道搬运,在该区北部和中部形成了重力流水道沉积,而南部受二级断层强烈活动形成了古高地,来自西南方向的物源在其上形成了规模较小的滩坝沉积(图2)。

北区、中区的取心井泥岩颜色较深,岩心上均可见发育不完全的鲍马序列,以C、D和E段居多,沉积构造主要为块状层理以及少数滑塌变形构造,未见任何生物痕迹;南部取心井泥岩颜色主要为浅灰色、灰白色,沉积构造主要为板状交错层理以及少数平行层理,沿层理面常分布有大量炭屑,另外,岩心上还可见部分虫孔以及鲕粒灰岩。

北区、中区岩心沉积序列表现为多个正韵律在垂向上的反复出现,属重力流的典型序列,而南部主要表现为向上粒度变粗、砂层单层厚度加大或以中厚层砂岩与浅灰色泥岩互层的湖退序列。

取心井的岩石结构、矿物特征在平面上表现为有规律的变化。即在研究区的北部和中部粒度较细,主要为粉砂岩、细砂岩,长石含量平均占碎屑总量的48%,石英仅占35%,分选磨圆中等;向南部二级断层上升盘地区粒度逐渐变粗,岩性主要为中砂岩、含砾砂岩,分选磨圆中等-较好,石英含量平均为54.5%,反映成分成熟度和结构成熟度均有所提高。

地球物理方面,研究区北部和中部自然电位、

自然伽马曲线以箱型或钟型为主,也有小型漏斗或锯齿状,地震剖面上常呈槽状连续性较差的反射特征;南部电测曲线异常幅度明显增大,曲线较为光滑,常呈宽幅正向指形、平滑的圆弧形以及异常幅度较高的尖刀状指形组合,地震反射剖面上表现为横向展布宽的丘状反射以及连续性较好的亚平行结构。

综合上述沉积特征,认为该区重力流水道沉积主要分布于北区和中区,南区为典型的滩坝沉积。综合取心、钻井和地震资料,对两类沉积相的微相类型及特征进行了深入研究。

2.1 重力流水道沉积特征

本区重力流水道沉积泥岩整体为深灰色,局部为灰绿色。岩性主要为粉砂岩、细砂岩,垂向上呈向上变细的旋回。依据岩心、钻井资料及平面砂岩厚度、砂地比等特征,将重力流水道分为以下几类微相(图3)。

2.1.1 重力流主水道

重力流主水道是深水重力流水道的主体部分^[8-9],砂体总体呈带状定向分布,是该区最主要的储集砂体。主水道砂体一般由多期水道砂体叠置而成,砂层厚度变化较大,单层厚度为0.5~8 m。砂体主要由块状中-细砂岩、粉细砂岩组成,常与下伏岩性侵蚀突变接触,电测曲线主要呈中幅箱形或钟形特征。

2.1.2 重力流分支水道

重力流分支水道与主水道相比砂层厚度较薄,单层厚度主要为2~4 m,粒度较细,主要由块状细砂岩、粉细砂岩组成。砂体常与下伏岩性为侵蚀突变接触,电测曲线主要表现为低幅指形或齿形形态。

2.1.3 重力流水道侧翼

重力流水道侧翼为主水道或分支水道的天然堤坝,平面上常呈条带状分布于水道两侧,岩性主要为泥质细砂岩和粉砂岩,泥质夹层发育,可见少数波状层理。电测曲线幅度相对主水道较小,常具有反旋回特征,齿化明显。

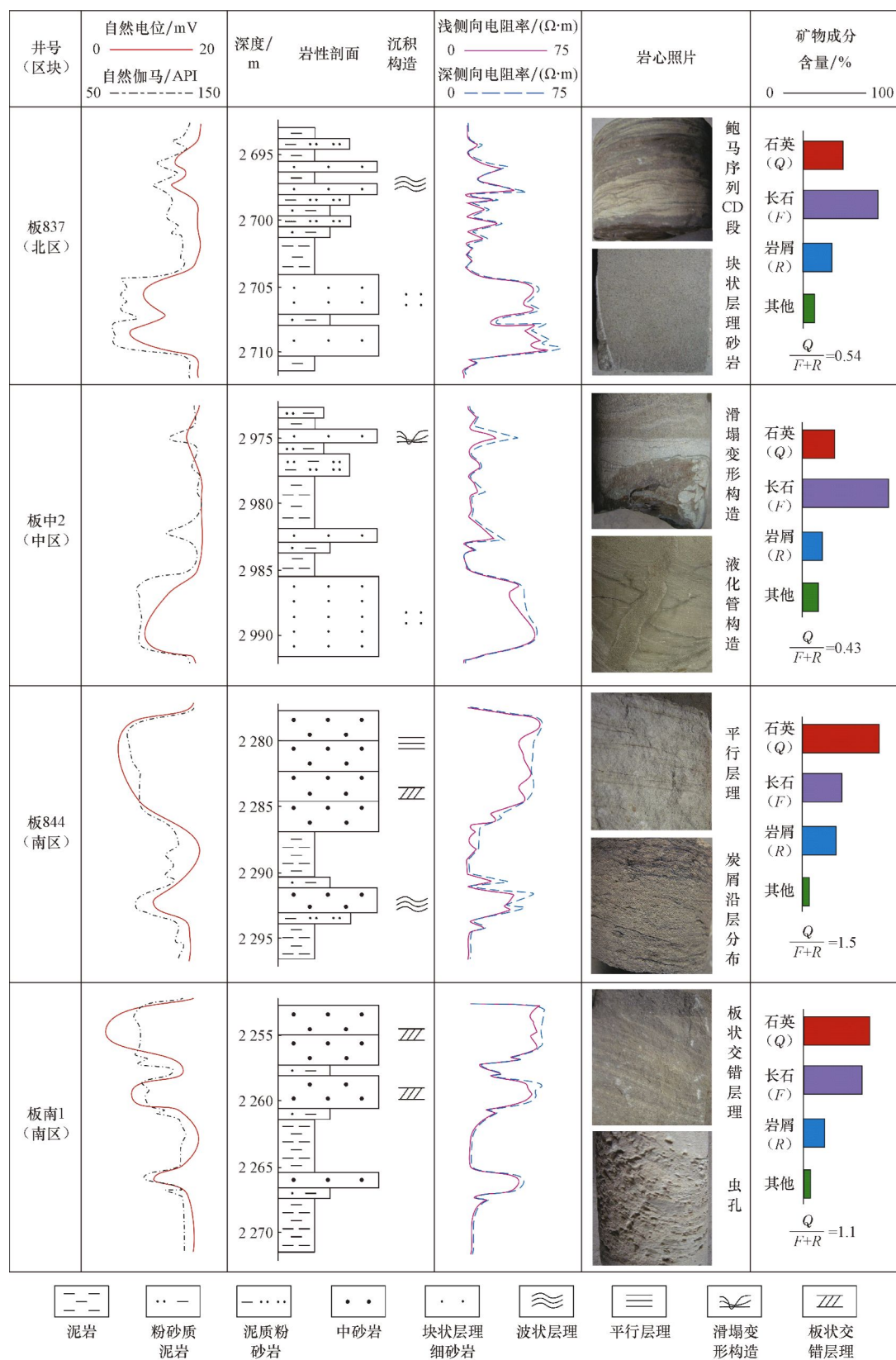


图2 板桥油田板桥油层沉积相标志

Fig. 2 Sedimentary facies markers of the Banqiao reservoir in Banqiao oilfield

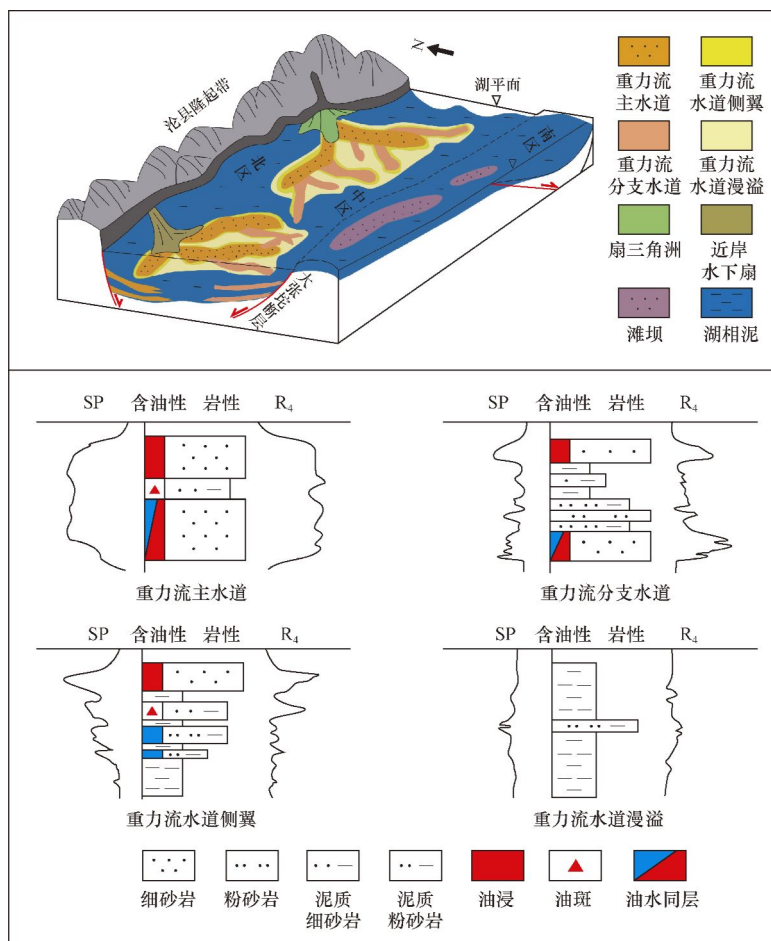


图3 板桥油田板桥油层重力流水道沉积各微相沉积模式及特征

Fig. 3 Models and characteristics of each sedimentary microfacies in gravity flow channels of the Banqiao reservoir in Banqiao oilfield

2.1.4 重力流水道漫溢

重力流水道漫溢分布于水道侧翼的外缘,由水流溢出水道而形成,属于鲍马序列的D段,岩性主要为泥质粉砂岩与泥岩互层,具波状层理和少数水平层理,常形成致密层,电测曲线呈微幅齿形特征。

2.2 滩坝沉积特征

研究区滩坝沉积仅在南部古高地上发育,泥岩颜色呈浅灰色,含植物化石,砂岩主要为细砂岩、中砂岩以及部分含砾砂岩,常表现为向上变粗的反韵律。依据岩心、钻井资料以及滩和坝的平面分布形态,将其分为以下4类微相(图4)。

2.2.1 砂坝主体

岩性以灰色、灰褐色中-细砂岩为主,夹层较少,成分成熟度高,具板状交错层理或平行层理。

砂层厚度一般为3~8 m,个别可达12 m。电测曲线异常幅度大,顶部曲线突变或渐变漏斗形特征。由多期砂坝的叠加,随着充填速度的减弱及波浪的能量加强,电测曲线形态由漏斗形过渡到平滑圆弧形。

2.2.2 砂坝侧缘

当砂坝沉积规模较大时,坝主体的一侧或两侧会发育岩性相对较细的坝侧缘沉积,它是砂坝主体与正常滨浅湖或滩砂间的沉积过渡带^[10-11]。岩性以细砂岩为主,粉砂质、泥质夹层较发育,具明显的波状交错层理,砂泥比有所降低。电测曲线常呈不规则状起伏,齿化较为明显。

2.2.3 内缘滩

内缘滩是砂坝与西南部物源供给区之间的沙滩沉积区,受湖水进退的影响,内缘滩沉积区植物

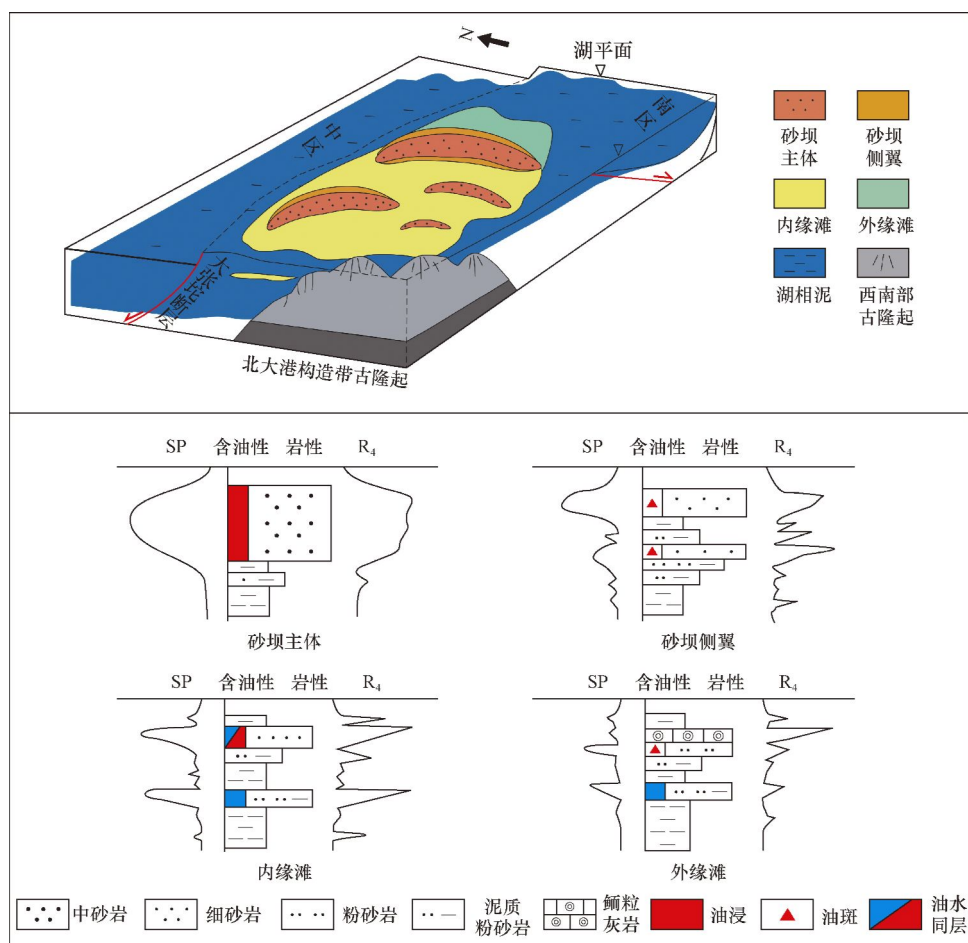


图4 板桥油田板桥油层滩坝沉积各微相沉积模式及特征

Fig. 4 Models and characteristics of each sedimentary microfacies in beach-bars of the Banqiao reservoir in Banqiao oilfield

化石较为发育,常见碳屑顺层分布。砂层厚度主要为1~2 m,岩性以粉砂岩、粉细砂岩为主,受波浪强烈淘洗而质地纯、成熟度高,电测曲线上常呈高幅“尖刀状”指形特征。

2.2.4 外缘滩

外缘滩位于远离砂坝的广阔浅湖地区,是一种以漂浮、悬浮方式为主的细粒沉积,常分布于枯水面至正常浪基面之间。外缘滩是由浅灰色粉砂岩、泥质粉砂岩和浅灰、灰绿色泥岩组成的薄互层,其间夹有少数鲕粒灰岩。砂层厚度通常小于1 m,并常伴有泥质夹层,电测曲线主要呈中幅齿形或低幅齿形。

3 各油组沉积相展布

在60口取心井岩心观察、相标志确定的基础

上,利用700余口井的测井相分析成果,结合各油组的地层厚度、砂岩厚度、砂岩百分含量等图件,绘制了研究区板桥油层5个油组的沉积微相平面图,明确了沉积相展布特征及控制因素。

板4油组:属于水进体系域的早期,该时期北东、北西物源供给充足,在板桥油田的北区、中区形成了大规模的重力流沉积。平面上重力流主水道占主体,水道宽度平均可达650 m,弯曲度较小,两侧常发育较细粒的水道侧翼,至中区水道分叉现象增多,分支水道宽度较小、弯曲度较大,水道间发育连片分布的水道漫溢沉积。除物源因素外,古地貌也对重力流分布存在一定影响,主要表现在重力流向湖中心深处推进时,二级断层——大张坨断层对重力流产生了阻挡作用,使其转向沿着与大断裂走向大致平行的方向发育^[12-13]。南区沉积主要由3支大规模的砂坝以及连片的滩砂组成,砂坝近平行分布,距离湖岸较远,滩砂主要为内缘

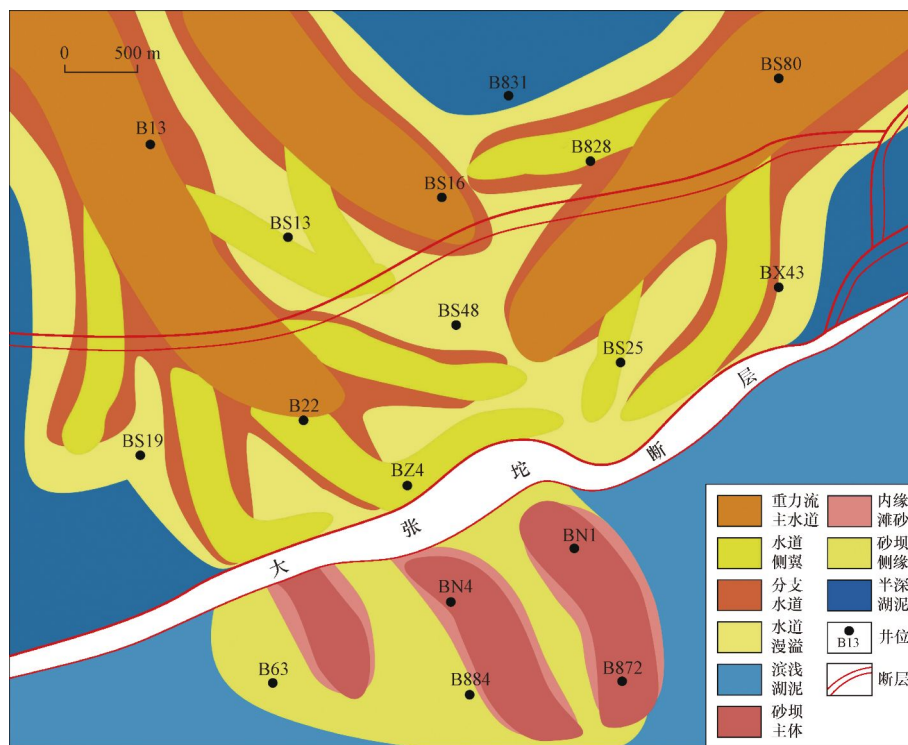


图5 板桥油田板4油组沉积微相

Fig. 5 Sedimentary microfacies of the Ban-4 oil layer in Banqiao oilfield

滩(图5)。上述特征反映该时期湖侵作用不强,物源供给充足,受物源与古地貌的影响,该区形成了大规模的深水重力流和浅水滩坝共存的沉积环境。

板3与板2油组沉积特征相似,与板4油组相比,该时期沉积规模较小,北东物源供给明显减少,北西物源相对较强。尽管所发育的微相类型与板4油组相同,但重力流主水道沉积范围明显减小,仅在西北部发育,至中区已全部过渡为分支水道,水道侧翼发育较少,水道漫溢仍连片分布。南区滩坝沉积规模与板4油组相比有所减小,主要发育2个窄长形砂坝以及少数椭圆形砂坝,滩砂由内缘滩和外缘滩构成(图6)。以上特征表明该时期湖侵作用增强,物源供给较弱导致沉积规模减小。另外,古气候对沉积作用有一定影响,孢粉研究表明该阶段古气候属于亚热带温暖湿润型^[14-16],沧县隆起由于季节性水流作用,可对该区西北部的近源水下扇沉积持续补充^[17-19],因此西北部沉积规模相对较大。

板1与板0油组沉积特征也较为相似,与之前油组相比沉积规模显著减小,尤其是板0油组仅在北区发育小规模砂体,其余均为厚层稳定的深灰色泥岩。板1油组物源来自北西、北东两个

方向,主水道仅在北区发育且规模较小,水道宽度平均为150 m,弯曲度较大,分叉明显,延伸范围较小。重力流水道侧翼仅在主水道两侧呈窄条带分布,水道漫溢未连片分布。南区古高地上未见滩坝沉积,整体地层厚度较小。该时期属水进体系域的晚期,湖盆强烈扩张,可容空间远大于物源供给,沉积规模总体较小(图7)。

4 沉积相演化

板桥油层沉积总体为长期水进层序的一部分,全区发育重力流水道和滩坝沉积,垂向上沉积规模逐渐减小。受湖盆扩张、沉积物源、古地貌、古气候等多种条件控制,重力流水道由早期以主水道为主全区连片分布的沉积特点,过渡为以分支水道沉积为主且仅西北部连片分布;南区滩坝沉积由大规模宽条带状砂坝过渡为窄长形及孤立椭圆形,滩砂由内缘滩过渡为内缘、外缘滩。至水进体系域末期,南区滩坝沉积已经消亡,重力流水道仅在北区呈细长弯曲形分布。以上特征表明板桥油层在多种因素共同作用下,经历了一个水进条件下的沉积作用发生—发展—消亡的地质演化过程。

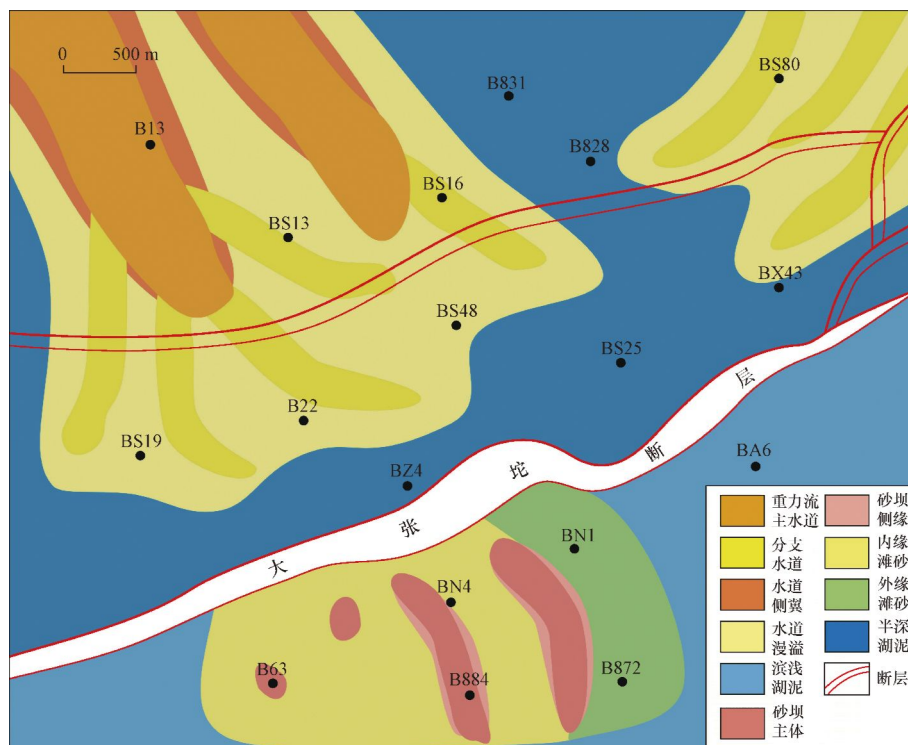


图6 板桥油田板2油组沉积微相

Fig. 6 Sedimentary microfacies of the Ban-2 oil layer in Banqiao oilfield

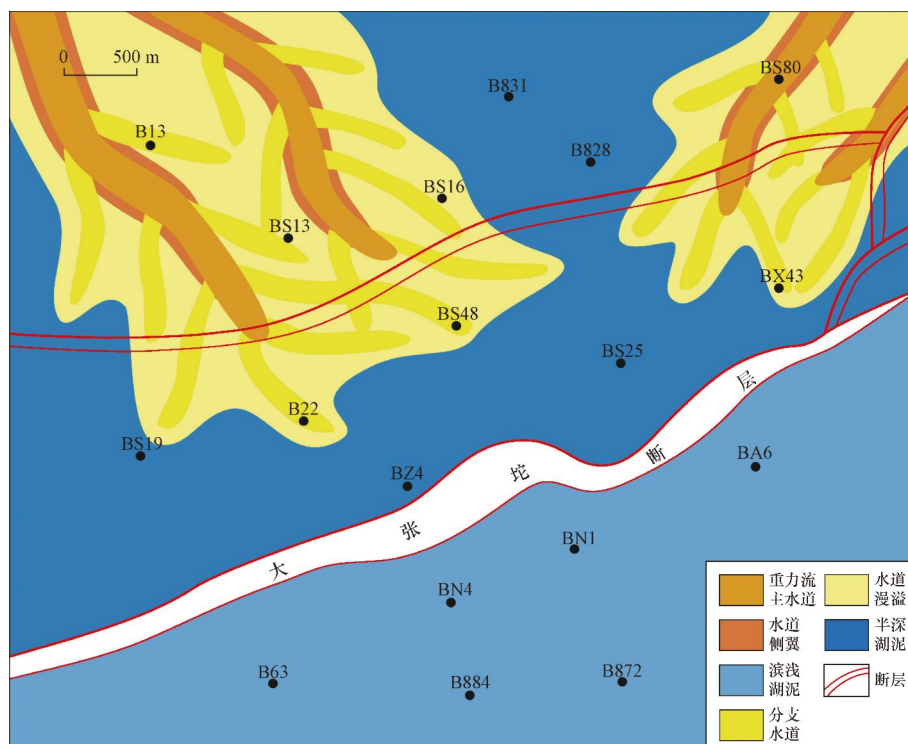


图7 板桥油田板1油组沉积微相

Fig. 7 Sedimentary microfacies of the Ban-1 oil layer in Banqiao oilfield

5 结论

1) 板桥油层沉积时期,整体属于水进体系域,强烈的断陷活动使得可容空间远大于沉积物供给,在该区形成了广泛的深水重力流水道沉积,而南区由于构造抬升形成古高地,在其上发育浅水滩坝沉积,最终形成了该油田深水重力流与浅水滩坝共存的沉积环境。

2) 研究区板桥油层识别出共8种沉积微相,其中重力流水道包括主水道、分支水道、水道侧翼、水道漫溢4种微相,滩坝沉积包括坝主体、坝侧缘、内缘滩、外缘滩4种,各类微相发育主要受沉积水动力所控制。

3) 板桥油层进一步分为5个油组,由下至上各油组沉积规模逐渐减小,沉积演化规律受湖盆扩张、沉积物源、古地貌、古气候等多种因素控制。板桥油田主力油层沉积微相的精细刻画,为识别岩性油气藏、明确剩余油分布规律、制定加密井方案及调整措施提供了可靠的依据。

参 考 文 献

- [1] 陈纯芳,郑俊茂,王德发. 板桥凹陷沙三段沉积体系与物源分析[J]. 古地理学报,2001,3(1):55-62.
Chen Chunfang, Zheng Junmao, Wang Defa. Depositional systems and source provenance of the Third Member of Shahejie Formation in Banqiao Sag[J]. Journal of Palaeo-Geography, 2001,3(1):55-62.
- [2] 陈纯芳,赵澄林,李会军. 板桥和歧北凹陷沙河街组深层碎屑岩储层物性特征及其影响因素[J]. 石油大学学报(自然科学版),2002,26(1):4-7.
Chen Chunfang, Zhao Chenglin, Li Huijun. Physical properties of reservoir and influencing factors of deep burial clastic rocks in Banqiao-Qibei Sag[J]. Journal of China University of Petroleum, 2002,26(1):4-7.
- [3] 魏华均,王荣喜,陈晓玲. 板中油田东部板桥油层组沉积相及砂体分布规律研究[J]. 录井工程,2006,17(2):69-73.
Wei Huajun, Wang Rongxi, Chen Xiaoling. Study on the sedimentary phase and sand body distribution rule in East Banqiao oil group of Banzhong oilfield[J]. Mud Logging Engineering, 2006,17(2):69-73.
- [4] 黄传炎,王华,肖敦清. 板桥凹陷断裂陡坡带沙一段层序样式和沉积体系特征及其成藏模式研究[J]. 沉积学报,2007,25(3):386-391.
Huang Chuanyan, Wang Hua, Xiao Dunqing. Sequence patterns, characteristics of depositional systems and model of reservoirs of fault steep slope belt of the First Member of Shahejie Formation in Banqiao Sag[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007,25(3):386-391.
- [5] 侯宇光,何生,王冰洁. 板桥凹陷构造破折带对层序和沉积体系的控制[J]. 石油学报,2010,31(5):754-761.
Hou Yuguang, He Sheng, Wang Bingjie. Constraints by tectonic slope-break zones on sequences and depositional systems in the Banqiao Sag[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010,31(5):754-761.
- [6] 王冰洁,何生. 板桥凹陷钱圈地区沙河街组沉积及砂体展布特征[J]. 地质科技情报,2010,29(2):44-51.
Wang Bingjie, He Sheng. Distribution and depositional characteristics of sand bodies of Shahejie Formation in Qianquan area of Banqiao Sag[J]. Geological Science and Technology Information, 2010,29(2):44-51.
- [7] 周丽清,邵德艳,房世瑜. 板桥凹陷沙河街组滩坝砂体[J]. 石油与天然气地质,1998,19(4):351-355.
Zhou Liqing, Shao Deyan, Fang Shiyu. Beach and bar sandbodies of Shahejie Formation in Banqiao Depression[J]. Oil & Gas Geology, 1998,19(4):351-355.
- [8] 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.
- [9] 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(5):743-750.
Liu Jianfeng, Zhu Xiaomin, Wang Min, et al. Sedimentary characteristics of slump turbidite fan in the upper third member of Hetaoyuan Formation in Biyang Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2011,32(5):743-750.
- [10] 吴因业,邹才能,胡素云,等. 全球前陆盆地层序沉积学新进展[J]. 石油与天然气地质,2011,32(4):606-614.
Wu Yinye, Zou Caineng, Hu Suyun, et al. New advances in sedimentology and sequence stratigraphy of foreland basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011,32(4):606-614.
- [11] 郑宁,姜在兴,张乐,等. 渤海湾盆地孤南洼陷沙河街组三段中、下亚段沉积特征[J]. 石油与天然气地质,2011,32(6):823-831.
Zheng Ning, Jiang Zaixing, Zhang Le, et al. Sedimentary characteristics of the middle and lower 3rd member of Shahejie Formation in Gunan Sag, Bohai Bay Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011,32(6):823-831.
- [12] 黄传炎,王华,王家豪. 板桥凹陷断控重力流沉积特征及沉积模式[J]. 油气地质与采收率,2007,14(6):14-16.
Huang Chuanyan, Wang Hua, Wang Jiahao. Depositional character and model of fault-controlling gravity flow in Banqiao Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2007,14(6):14-16.

(下转第943页)

- lation method of rational well-spacing density and its application in well-pattern adjustment of Shuanghe oilfield[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2010, 24(4): 52-53, 79.
- [9] 刘剑, 刘龙, 刘雨虹, 等. 蒸汽辅助重力泄油(SAGD)开采稠油技术[J]. 化工科技市场, 2008, (3): 35-38.
- Liu Jian, Liu Long, Liu Yuhong, et al. Technology of steam assisted gravity drainage (SAGD) in heavy oil development[J]. Chemical Technology Market, 2008, (3): 35-38.
- [10] 刘迪仁, 谢伟彪, 殷秋丽. 水平井不平整界面地层中感应测井模拟及影响分析[J]. 石油物探, 2012, 51(1): 86-90, 97.
- Liu Diren, Xie Weibiao, Yin Qiuli. Simulation and analysis on induction logging of the formation with uneven boundary in horizontal well[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2012, 51(1): 86-90, 97.
- [11] 高荣杰. 水平井技术在欢喜岭油田开发中的实践效果[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(1): 79-83.
- Gao Rongjie. The practical effect of horizontal well technology in Huanxiling oilfield development[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2010, 24(1): 79-83.
- [12] 纪佑军, 程林松, 黄凌潇. 稠油组合式热力开采参数优化[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2009, (S1): 28-31.
- Ji Youjun, Cheng Linsong, Huang Linxiao. Parameters optimization on combined thermal recovery technology of heavy oil[J]. Journal of Liaoning Technical University (Natural Science), 2009, (S1): 28-31.
- [13] 张方礼, 张鹰, 曹光胜, 等. 辽河油区热采稠油Ⅱ、Ⅲ类储量蒸汽驱、SAGD 长远规划及先导试验部署[J]. 特种油气藏, 2007, (6): 11-16.
- Zhang Fangli, Zhang Ying, Cao Guangsheng, et al. Long-term plan and pilot test deployment of steam flooding and SAGD for Class II and III heavy oil reserves in Liaohe oil province[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2007, (6): 11-16.
- [14] 孔玉霞, 戴家才, 易娟子. 用生产测井资料确定产层参数[J]. 断块油气田, 2009, 16(1): 121-122.
- Kong Yuxia, Dai Jiakai, Yi Juanzi. Determining production layer parameters by production logging data[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2009, 16(1): 121-122.
- [15] 高博. 汽驱动态调控技术及在齐 40 块井组中的应用[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(1): 84-86, 90.
- Gao Bo. Dynamic regulation of steam drive technology and its application in Qi 40 block wells group[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2010, 24(1): 84-86, 90.

(编辑 董立)

(上接第 922 页)

- [13] 于学敏, 姜文亚, 何炳振, 等. 歧口凹陷古近系天然气藏主要特征[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 183-189.
- Yu Xuemin, Jiang Wenya, He Bingzhen, et al. Characteristics of the Paleogene gas reservoirs in Qikou Sag[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(2): 183-189.
- [14] 祝新政, 李勇, 张威, 等. 黄骅坳陷孔南地区下石盒子组砂岩储层特征及控制因素[J]. 断块油气田, 2011, 18(3): 308-311.
- Zhu Xinzheng, Li Yong, Zhang Wei, et al. Characteristics and controlling factors of Lower Shihezi sandstone reservoir in Kongnan Area of Huanghua Depression[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2011, 18(3): 308-311.
- [15] 高长海, 张新征, 查明. 歧口凹陷北断阶带输导体系特征及其对油气分布的控制[J]. 石油地质与工程, 2012, 26(2): 1-5.
- Gao Changhai, Zhang Xinzheng, Zha Ming. Carrying bed system feature and its controlling on oil & gas distribution in Chengbei fault step belt of Qikou sag[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2012, 26(2): 1-5.
- [16] 杨国安, 魏红红, 张佳琪. 板桥油田板二油组扇三角洲沉积与油气关系[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1999, 29(3): 233-236.
- Yang Guoan, Wei Honghong, Zhang Jiaqi. The relationship between fan delta deposition and gas-oil in Ban2 formation of Banqiao Oilfield[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 1999, 29(3): 233-236.
- [17] 石世革. 黄骅坳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.
- Shi Shige. Study of sequence stratigraphy and exploration of lithologic reservoirs in the Paleogene Middle Sha-1 Member, the Banqiao Sag of the Huanghua Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(3): 320-325.
- [18] 彭海艳, 刘家铎, 李勇, 等. 陆相层序地层格架与油气勘探研究——以黄骅坳陷孔南地区孔店组为例[J]. 石油物探, 2010, 49(3): 287-294.
- Peng Haiyan, Liu Jiaduo, Li Yong, et al. Study on continental sequence strata framework and oil & gas exploration: a case study of the Kongdian Formation in kongnan area, Huanghua Depression[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2010, 49(3): 287-294.
- [19] 熊歆睿, 王洪辉, 周波, 等. 古城油田 B 区核三段主力油层储层特征研究[J]. 石油地质与工程, 2011, 25(6): 9-11.
- Xiong Xinrui, Wang Honghui, Zhou Bo, et al. Reservoir characteristics of the major oil bed of third member of Hetaoyuan formation in B area of Gucheng oilfield[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2011, 25(6): 9-11.

(编辑 高岩)