

文章编号: 1001 - 6112(2005)04 - 0371 - 07

渤海湾盆地车镇凹陷 沙三—沙一段沉积演化与有利砂体预测

王 蛟¹, 姜在兴², 陈世悦¹, 姜本勇³, 邢焕清¹, 杜霖湘⁴

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院 地球科学系, 山东 东营 257061;
2. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083; 3. 中国石化 胜利油田 东胜精攻石油开发集团有限公司,
山东 东营 257100; 4. 中国石化 胜利油田 临盘采油厂, 山东 临邑 251507)

摘要:综合利用地震、测井、岩心、录井、古生物等资料, 将车镇凹陷沙三—沙一段划分为 2 个二级层序和 4 个三级层序, 并进一步划分出体系域。各体系域时期分别发育近岸水下扇、扇三角洲、三角洲、湖底扇和湖泊相等相类型。近岸水下扇多发育于北部陡坡带湖侵域、高位域和湖退域时期; 扇三角洲在层序 , 时期分布较广; 三角洲主要形成于湖侵域晚期及高位域等湖盆演化的中后期; 湖底扇夹于半深湖—深湖相泥岩中, 各时期均有发育; 滨浅湖滩坝多分布于湖泊边缘、湖湾及隆起周围缓坡侧的滨浅湖地区。对该时期凹陷内有利砂体进行了预测, 提出了 4 种类型的 10 个有利区带, 为在该区寻找隐蔽油气藏提供依据。

关键词:层序格架; 沉积演化; 隐蔽油气藏; 车镇凹陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

车镇凹陷位于渤海湾盆地济阳拗陷的东北部, 东端和沾化凹陷相邻, 北边与埕宁隆起以断层相接触, 南边向义和庄凸起超覆, 为一个典型的北断南超的箕状盆地。古近纪时期自西向东形成了车西、大王北和郭局子 3 个次级洼陷, 沉积了一套以泥岩、砂岩和砾岩为主的碎屑岩系。区内分布有义和庄、义北、太平庄、大王庄、大王北、英雄滩、套尔河和东风港等 8 个油田, 平均探明地质储量 4.8×10^4 t/km², 大大低于济阳拗陷的沾化凹陷 (32.1×10^4 t/km²) 和东营凹陷 (29.4×10^4 t/km²), 是胜利油田增储上产和进行隐蔽圈闭勘探潜力地区之一^[1-4]。以体系域为研究单元, 深入认识并总结车镇凹陷沙三—沙一段所发育的沉积相类型、沉积演化及沉积相平面分布特征, 并对有利砂体进行预测, 有利于隐蔽圈闭的勘探工作。

1 层序格架划分

在综合分析地震、测井、岩心、录井、古生物等资料的基础上, 并结合该地区地层发育年代、盆地演化及构造运动特征, 将车镇凹陷沙三—沙一段沉积划

分为 2 个二级层序和 4 个三级层序。沙三下亚段为层序 , 沙三中亚段为层序 , 沙三上—沙二下亚段为层序 , 沙二上亚段—沙一段为层序 。每个三级层序进一步划分出体系域, 其中层序 , 为 T-R 层序, 分为湖进和湖退体系域; 其它均为三分层序, 包括低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域 (图 1)^[5,6]。

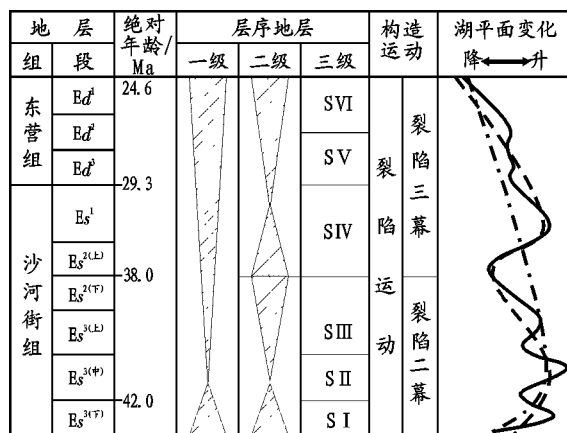


图 1 车镇凹陷沙河街组层序地层划分

Fig. 1 Sequence division of the Shahejie Formation in Chezhen Sag

收稿日期: 2004 - 03 - 10; 修订日期: 2005 - 06 - 08。

作者简介: 王 蛟(1977—), 男(汉族), 山东东平人, 博士研究生, 从事沉积学及层序地层学研究。

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(2001BA605A09)和中国石化“十五”科技攻关项目(P01013)。

2 沉积相类型

通过岩心观察、薄片镜下鉴定、粒度分析,并综合利用古生物、测井曲线和地震相特征等相关资料,认为车镇凹陷古近系沙三—沙一段主要发育有近岸水下扇、扇三角洲、三角洲、湖底扇和湖泊相^[7-9]。

2.1 近岸水下扇

近岸水下扇多发育于北部陡坡带,岩性以粗碎屑沉积为主,并夹在富含湖相化石的暗色泥岩中,构成砂砾岩、砂岩和泥岩的频繁韵律沉积。

垂向层序整体表现为明显的正旋回,内扇、中扇、外扇 3 个亚相的岩性序列各具特点:内扇自下而上为混杂的块状砾岩、递变层状砾岩或砾状砂岩;中扇水下网状河道从下而上由递变层理砾状砂岩、平行层理砂岩或块状砂岩组成;外扇主要为具似鲍马序列的“古典”浊积岩^[9]。

2.2 扇三角洲

扇三角洲沉积在车镇凹陷层序和层序时期分布面积较广,可进一步划分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲 3 个亚相。

扇三角洲平原垂向上具明显的正韵律,砂砾岩底部常见冲刷现象,由下向上粒度变细,层理规模由大变,成因由重力流向牵引流转化。扇三角洲前缘垂向上一一般表现为反韵律,自下而上粒度逐渐变粗、层理规模变大,由粉砂岩、细砂岩渐变为中砂岩、粗砂岩;由波状层理、浪成沙纹层理、平行层理变为楔状、槽状交错层理。前扇三角洲沉积以致密的灰—灰黑色泥岩、粉砂质泥岩及油页岩为主。

2.3 三角洲

三角洲主要形成于湖盆演化中后期,也就是湖侵体系域后期和高水位体系域时期。可进一步划分为三角洲平原、三角洲前缘和前三三角洲 3 个亚相。

垂向层序上整体表现为明显的进积型沉积序列。从下向上依次为:前三三角洲亚相的灰色、深灰色泥岩、粉砂岩,发育块状层理和水平层理;前缘亚相的灰色中—细砂岩、粉细砂岩,以分支河道和河口坝微相砂体发育为特征,发育有浪成沙纹交错层理、透镜状层理、脉状层理;平原亚相的中砂岩、细砂岩,发育平行层理、槽状和板状交错,砂泥岩接触带常见冲刷面和冲刷泥砾。

2.4 湖底扇

湖底扇在各时期均有发育,夹于半深湖—深湖相泥岩、泥灰岩中,可进一步划分为补给水道、内扇、中扇和外扇。岩石类型以砂砾岩、块状砂岩和典型

的浊积岩为主,总体上为中—粗碎屑岩,多为不等粒结构,磨圆度低,分选差,成熟度低,具快速堆积的重力流沉积特征。总的趋势为:由内扇—中扇—外扇,沟道型浊积岩减少,典型浊积岩增加。

2.5 湖泊相

湖泊相在凹陷内各时期均有广泛发育,可进一步识别出滨浅湖和半深湖—深湖亚相,滨浅湖亚相中多有滨浅湖滩坝发育。

滨浅湖沉积物以粉砂岩、泥岩为主。砂质沉积物分选和磨圆度较好,层理类型多以水平、波状层理为主。生物化石丰富,以薄壳的腹足、瓣鳃类等底栖生物为主,保存完好。

滨浅湖滩坝多分布于湖泊边缘、湖湾及隆起周围缓坡侧的滨浅湖地区。中—细砂岩和粉砂岩最为常见,砂岩成熟度较高,并常含鲕粒、生物碎屑和重矿物富集条带。沉积构造类型多样,以低角度多向倾斜的浪成交错层理发育为特征,生物扰动非常发育^[10]。

半深湖沉积物以粘土岩为主,常为有机质丰富的暗色泥、页岩,水平层理发育,化石较丰富,以浮游生物为主,保存较好。深湖是湖盆中水体最深的部位,地处乏氧的还原环境,底栖生物完全不能共存,以质纯的泥岩、页岩和油页岩为主。

3 沉积演化及沉积相平面分布特征

车镇凹陷是一个北断南超的箕状断陷盆地,在层序充填过程中,构造沉降、古气候和沉积物供给对层序的发展和演化起着决定性的作用^[11]。在构造活动强烈时期,构造活动强度是控制层序发育的主要因素,而在构造相对稳定时期,物源和气候对层序发育的影响则明显加强^[12]。

3.1 层序 (沙三下亚段)

层序时期为车镇凹陷沉降的深陷期,断陷十分强烈,湖盆水体加深,水域面积迅速扩张,为稳定的还原环境。沉积中心主要位于车西深洼陷,以大王北及郭局子洼陷为次级沉积中心,洼陷及南部斜坡广大地区沉积了一套以暗色泥岩、油页岩为主的地层,构成了本区主要生油岩层。地层分布受盆地北缘埕南断裂活动的影响,具有北陡南缓、北断南超的典型楔形特征。

湖进域时期:湖盆扩张,整个凹陷连成一片,形成一个湖盆。凹陷北部物源多,能量大,碎屑物质供应充分,沿埕南断裂发育了连片近岸水下扇。凹陷南部缺乏物源供应,仅在车西车 52 井及大王北东南

部大 602 井处形成规模较小的扇三角洲沉积。湖盆中央普遍发育半深湖—深湖沉积,并在车 57 井、郭 1 井和大 355 井等处发育湖底扇。湖盆边缘形成滨浅湖沉积,偶见砂坝发育(图 2a)。

湖退域时期:湖盆萎缩,沉积范围局限在 2 个小湖盆中,分别位于车西洼陷和大王北—郭局子洼陷。

物源仍主要来自北部,南部物源较少。郭局子、大王北地区北部物源充足,形成了水下扇的连片发育,车西洼陷北部也发育了水下扇,但规模较小。扇三角洲仅在车西洼陷南部车 52 井处有所发育。半深湖—深湖沉积范围较小,湖底扇规模较小。大王北地区南部滨浅湖地区发育多个小型滩坝(图 2b)。

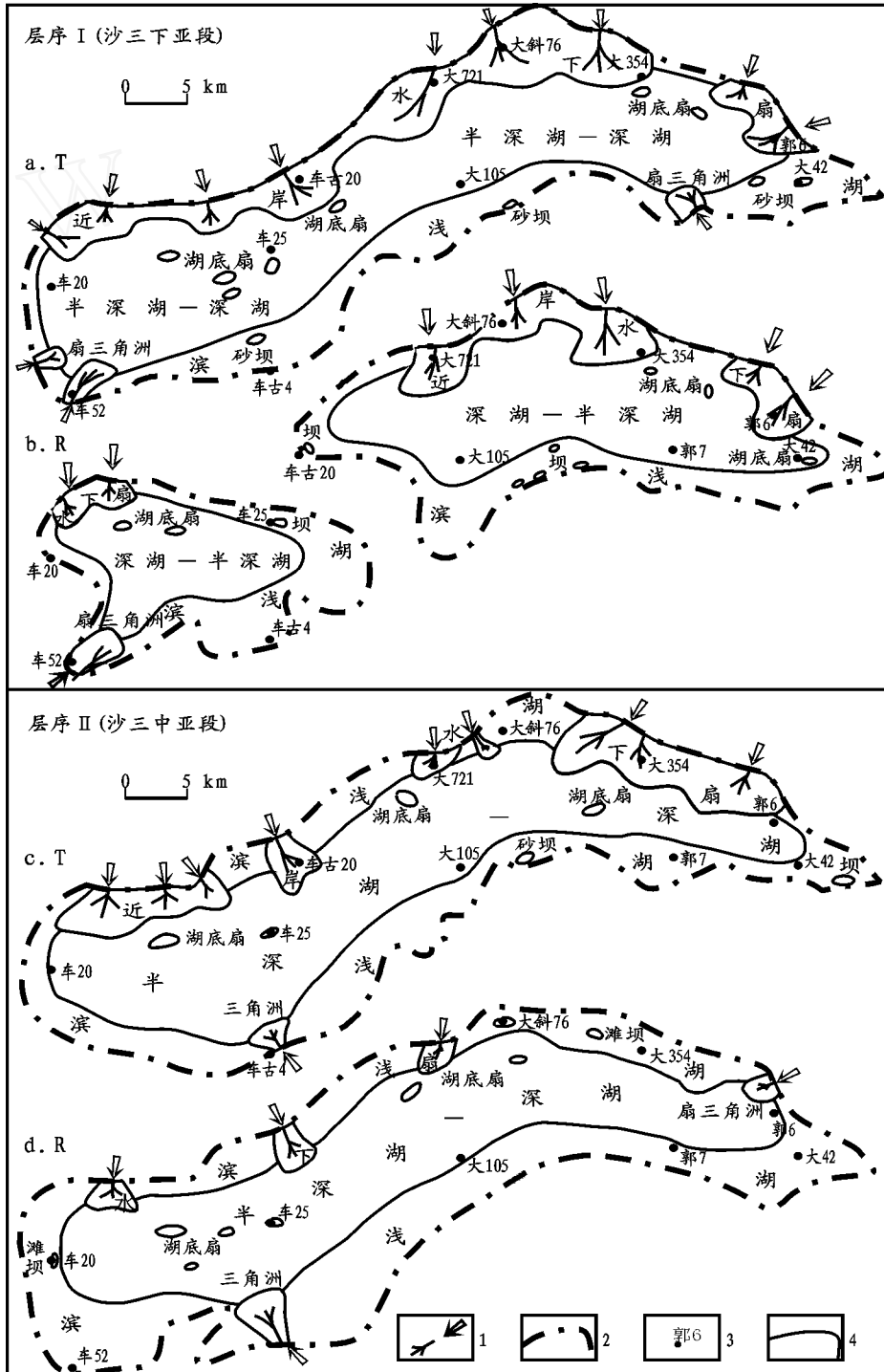


图 2 车镇凹陷层序 I、II 沉积相图

1. 物源供应方向; 2. 地层边界; 3. 井位; 4. 相界线

Fig. 2 Sedimentary facies of sequence I and II in the Chezhen Sag

3.2 层序 (沙三中亚段)

层序 时期继承了层序 时期的沉积特点,属于稳定沉降期。以深灰色泥岩夹灰岩、白云岩沉积为主,半深湖—深湖沉积体系发育。

湖进域时期:湖盆扩张,几个洼陷又连成一片,形成了范围广阔的湖盆。物源多来自湖盆北部的埕子口凸起,且较为充足,在湖盆北部形成了多个水下扇,其中车 34 井—车 261 井—车 9 井一带和大 353 井—大 354 井—郭 4 井一带形成的水下扇连片发育,规模较大。湖盆南部物源极少,仅在车古 56 井一带形成了小型的三角洲沉积,郭局子、大王北滨浅湖地区有零星砂坝沉积。半深湖—深湖相发育,车 57 井、车 25 井、大 73 井和大 133 井地区发育了湖底扇,规模均较小(图 2c)。

湖退域时期:湖盆水体有所减小,但湖盆范围仍然广阔,湖泊相发育。整个凹陷物源少,且供应不充足。车西及大王北北部有规模很小的水下扇沉积,在郭局子洼陷郭 2 井一带形成了小型的扇三角洲,车西南部在车古 56 井一带形成了规模不大的三角

洲。半深湖—深湖区发育了较多的小规模湖底扇。滨浅湖地区发育少量滩坝沉积(图 2d)。

3.3 层序 (沙三上—沙二下亚段)

层序 时期:沙三上时期为车镇凹陷下第三系第二裂陷幕中—晚期沉积,沉积范围较沙三中有明显扩大,沿盆缘埕南断裂,主要为砾岩相区,地层分布具有北厚南薄的典型楔形特征,表明此期埕南断裂活动对沉积的控制作用仍很显著,以滨浅湖、三角洲、扇三角洲沉积体系发育为主要特征;沙二下时期古气候由潮湿型变为干旱—半干旱气候条件,由于形成于构造层序晚期,盆地边缘抬升露出水面遭受剥蚀,盆地沉积范围明显缩小,地形渐趋平坦,成为“平盆浅湖”,以扇三角洲—浅湖沉积为主。

低位域时期:湖泊处于萎缩阶段,气候干燥,降水量少,湖平面较低,湖盆整体为滨浅湖环境,半深湖—深湖不发育。物源少,供应不足,各种沉积体系均不发育。湖盆北部顺着山谷发育的季节性流水在湖盆边缘形成小型扇三角洲沉积,车西和大王北滨浅湖地区中有滩坝沉积(图 3a)。

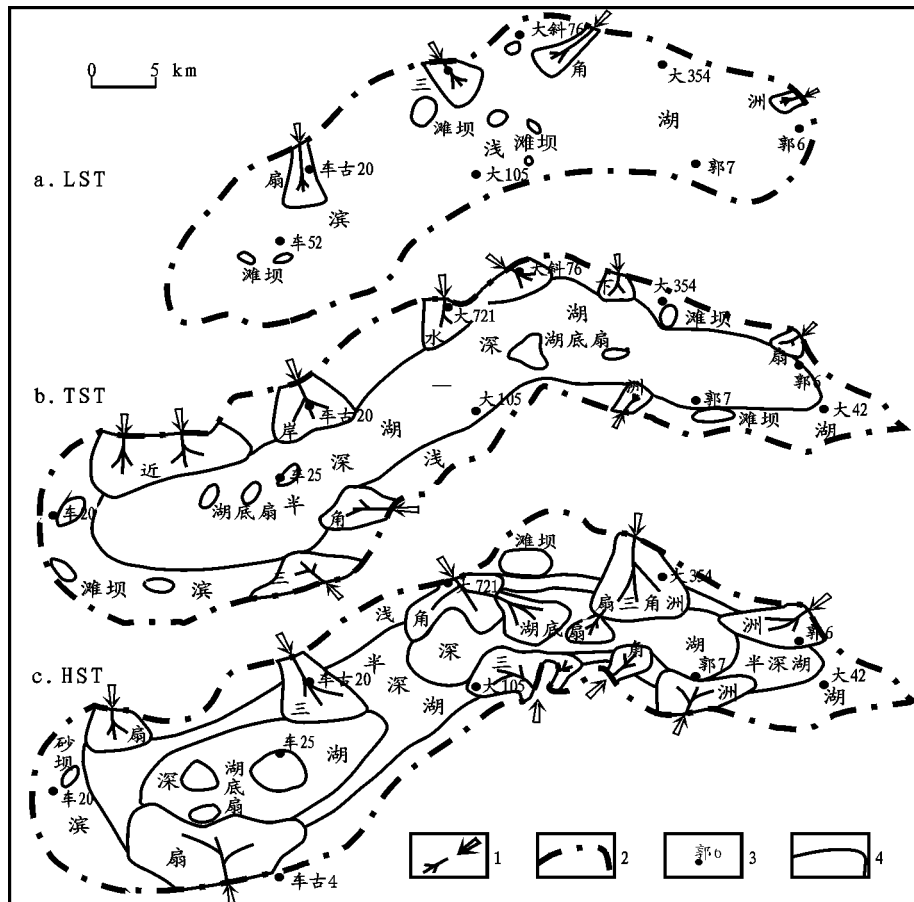


图 3 车镇凹陷层序 沉积相图

1. 物源供应方向;2. 地层边界;3. 井位;4. 相界线

Fig. 3 Sedimentary facies of sequence in the Chezhen Sag

湖侵域时期:湖泊处于扩展阶段,气候湿润,降水量增大,湖平面上升,凹陷周缘的低凸起没于湖平面之下,形成一个较为广阔的湖泊,湖水加深,除发育滨浅湖外,半深湖及深湖都有发育。沉积物供应明显增多,北部陡坡带发育多个有一定规模的水下扇,而南部物源供应仍不足,形成的三角洲规模不大。车西和大王北洼陷深水区有一些湖底扇发育。滨浅湖地区发育了多个滩坝(图 3b)。

高位域时期:湖泊处于稳定阶段,湖平面最大,湖盆范围也最大。物源多,且供应充足。凹陷北部沿埕南断裂带发育了连片的扇三角洲,规模较大。凹陷南部沿无棣、义和庄凸起在车西、大王北和郭局子洼陷也发育了规模较大的扇三角洲沉积。洼陷内半深湖—深湖地区有连片的湖底扇发育。滨浅湖滩坝仍然发育(图 3c)。

3.4 层序 (沙二上亚段—沙一段)

层序 时期:沙二段初期由于湖水浅,湖盆面积

小,仅在洼陷中心范围内接受早期地层沉积,周围鼻状构造的沙三上地层继续遭受剥蚀,大王北断鼻构造东部的大 34 井沙三上亚段地层被剥蚀殆尽。随着湖水不断加深,湖盆面积不断扩大,沙二段地层逐渐向周围鼻状构造上超覆沉积。该期以滨浅湖相、半深湖—深湖相、扇三角洲相沉积为主。

低位域时期:湖平面较低,湖盆整体为滨浅湖环境,仅在大王北地区形成了小范围的半深湖。陆源碎屑物质供应充足,形成了多个范围较大的扇三角洲、三角洲沉积,一直延伸到湖盆中央。大王北洼陷内发育的湖底扇范围较大。在车西西部和郭局子东部滨浅湖地区发育了一些滩坝(图 4a)。

湖侵域时期:湖平面上升,半深湖发育。物源减少,碎屑物质供应明显不足。在车西和大王北地区,北部陡坡带有水下扇连片发育,但规模不大,湖底扇规模也较小。在车西北部、大王北南部和郭局子地区滨浅湖地带发育滩坝(图 4b)。

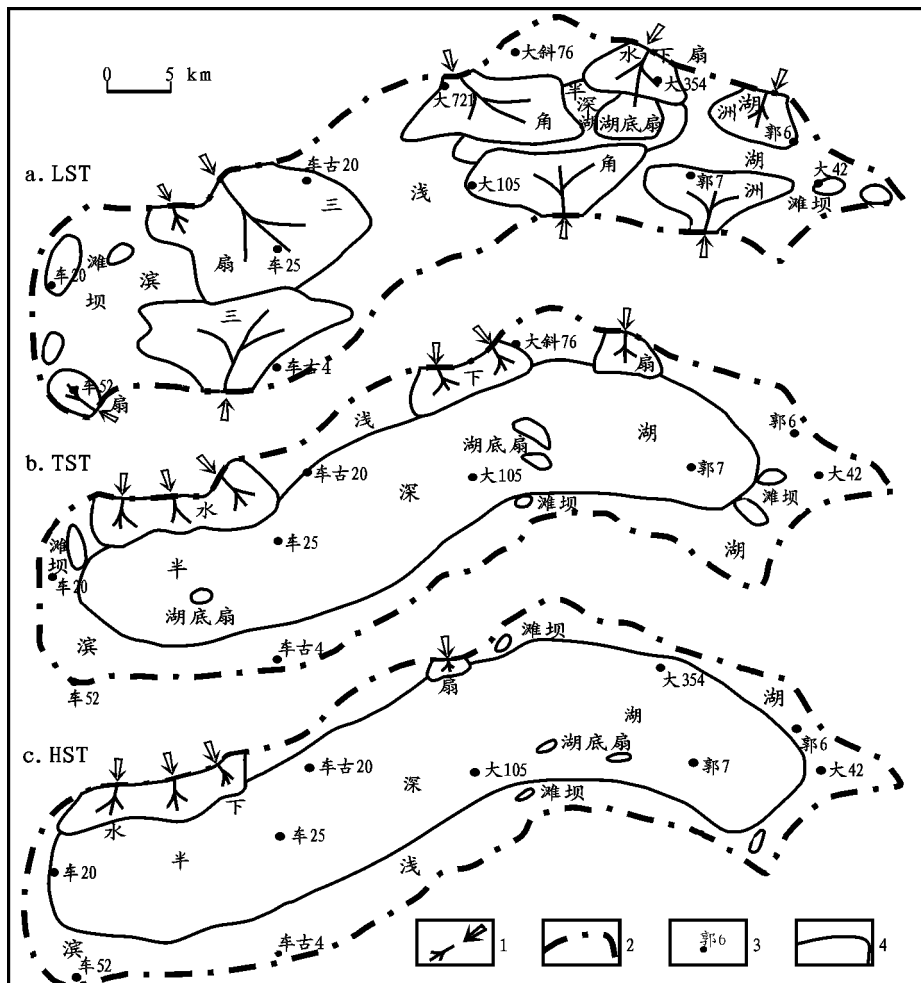


图 4 车镇凹陷层序 沉积相图

1. 物源供应方向;2. 地层边界;3. 井位;4. 相界线

Fig. 4 Sedimentary facies of sequence in the Chezhen Sag

高位域时期:湖盆水体、范围变化不大。此时期物源极少,主要来自车西和大王北地区北部埕子口凸起,在车西和大王北北部形成的水下扇规模都不大。小型湖底扇在大王北—郭局子地区零星发育,滨浅湖地区偶见滩坝发育(图 4c)。

4 有利区带预测

4.1 油气藏发育情况

研究目的层沙三下亚段和沙二段是主力含油层段。受岩性、断层、断块及不整合等各种因素控制,大多数油气藏分布在凹陷四周的陡坡及缓坡带上,整体呈现“南多北少”的特点,反映油气主要向缓坡带运移。油气藏类型以构造油气藏、岩性油气藏以及构造岩性复合油气藏为主。构造油气藏多为断鼻、断块油气藏,一般分布在北部陡坡带;岩性油气藏多分布在靠近洼陷中心部位;复合油气藏多为断层和不整合控制的地层超覆油气藏,多分布在南部缓坡带^[13]。

4.2 有利储层和相带

通过对研究区探井的含油性和油层厚度等资料的分析,可以看出,层序 高位域和层序 低位域时期油层多、厚度大,含油性好。这 2 个时期,扇三角洲、湖底扇和三角洲等骨架砂体普遍发育,规模较大,砂体发育的层位也是油层发育的层位,这正是寻

找隐蔽油气藏的有利条件。

4.3 预测

从整体来看,最有利的沉积相带主要是三角洲、扇三角洲前缘及湖底扇。此外,近岸水下扇的中扇和外扇,其砂体多与生油岩交互沉积,距离生油洼陷近,有利于捕捉油气;滨浅湖中发育的滩坝和砂坝的物性较好,也可作为有利砂体。

综合考虑各个体系域的砂岩厚度、沉积体系平面展布以及生、储、盖组合,对车镇凹陷隐蔽油气藏有利区带进行了预测(图 5)。

在车镇凹陷内共划分出了 10 个有利区带,分为 4 种类型(图 5):

- 1) 缓坡带扇三角洲(三角洲)型,多分布在南部缓坡带,包括 ~ 。这些有利区带的砂体多受不整合或断层控制,形成岩性尖灭或不整合、断层遮挡油气藏。
- 2) 洼陷带湖底扇型,分布在中央洼陷带,包括和 。这些有利区带的砂体多来自北部陡坡带的近岸水下扇和扇三角洲沉积,离生油洼陷近,属岩性油气藏。
- 3) 陡坡带水下扇型,分布在北部陡坡带,包括 ~ 。这些有利区带的砂体主要为来自北部陡坡带的扇三角洲和近岸水下扇沉积,一般为鼻状构造或低凸起与断层联合控制的构造油气藏。
- 4) 滨浅湖滩坝(砂坝)型,分布在广大的滨浅湖

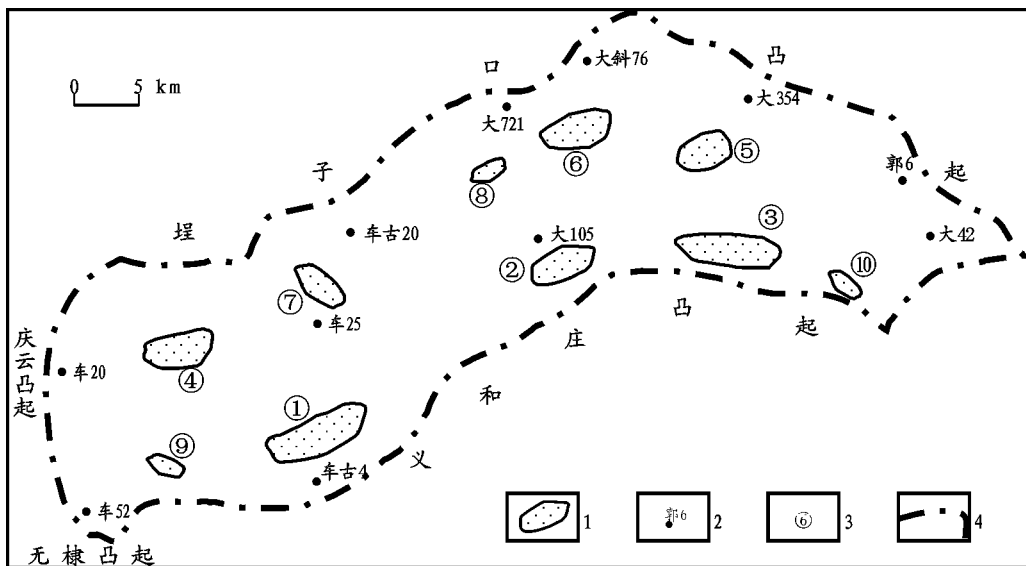


图 5 车镇凹陷沙三—沙一段有利区带预测

1. 有利区带; 2. 井位; 3. 发育时期; 4. 盆地边界

(T,R), (HST), (LST); (HST), (LST); (TST,HST), (LST);
 — (T), (TST,HST); (T,R), (HST), (LST); (LST,HST), (LST);
 — (T), — (LST,TST); (TST,HST), (LST); (TST), (LST); (TST,HST), (HST)

Fig. 5 Favorable sandstone body prospecting of Es³-Es¹ in the Chezhen Sag

地区,包括和。这些有利区带的砂体一般是物性较好的灰岩、生物灰岩或粉砂岩—细砂岩,多形成岩性油气藏。

参考文献:

- 1 李丕龙,金之钧. 济阳拗陷油气勘探现状及主要研究进展[J]. 石油勘探与开发,2003,30(3):1~4
- 2 肖焕钦,陈广军,李长宝. 济阳拗陷盆地拉张量及其石油地质意义[J]. 石油实验地质,2002,24(1):13~18
- 3 陈嘉树. 济阳运动的特点及其对济阳拗陷的影响[J]. 石油实验地质,1993,15(1):86~99
- 4 吕修祥,张一伟,李德生. 从波动观点看渤海湾盆地济阳拗陷油气田分布[J]. 石油实验地质,1996,18(3):259~266
- 5 姜在兴,李华启. 层序地层学原理及应用[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 45~94
- 6 杨伟利,姜在兴. 东营凹陷沙三段—沙二下亚段 T-R 层序特征及成因[J]. 石油大学学报(自然科学版),2003,27(3):6~9
- 7 赵澄林. 油区岩相古地理[M]. 东营:石油大学出版社,2001. 38~99
- 8 姜在兴. 沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,2003. 257~468
- 9 吕希学,胡斌,姜在兴等. 济阳拗陷车镇和沾化凹陷古近系沙河街组遗迹群落及其沉积环境[J]. 古地理学报,2003,5(2):187~196
- 10 朱筱敏,信荃麟,张晋仁. 断陷湖盆滩坝储集体沉积特征及沉积模式[J]. 沉积学报,1994,12(2):20~28
- 11 陆克政,朱筱敏,漆家福等. 含油气盆地分析[M]. 东营:石油大学出版社,2000. 219~273
- 12 操应长,姜在兴,夏斌. 幕式差异沉降运动对断陷湖盆中湖平面和水深变化的影响[J]. 石油实验地质,2003,25(4):323~327
- 13 张家振,王永诗,王学军. 渤海湾盆地义和庄凸起北坡成藏特征与油藏分布规律[J]. 石油实验地质,2003,25(4):362~365

SEDIMENTARY FACIES EVOLUTION AND FAVORABLE SANDSTONE BODY PROSPECTION IN THE THIRD TO FIRST MEMBERS OF THE SHAHEJIE FORMATION OF PALEOGENE IN THE CHEZHEN SAG OF THE BOHAIWAN BASIN

Wang Jiao¹, Jiang Zaixing², Chen Shiyue¹, Jiang Benyong³, Xing Huanqing¹, Du Linxiang⁴

(1. Department of Geosciences, College of Earth Resource and Information, China University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China; 2. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. Shengli Oil Field, SINOPEC, Dongying, Shandong 257100, China;

4. Linpan Oil Production Factory, Shengli Oil Field, SINOPEC, Linyi, Shandong 257015, China)

Abstract: With comprehensive study of outcrop, drilling, ancient life, well logging and seismic data, the Paleogene Es³-Es¹ strata of study area are divided into 2 secondary and 4 third class sequences, and dividing system tract further. For each system tract period, inshore submerged fan, fan delta, delta, sublacustrine fan and lake facies are generated respectively. Favorable sandstone body is predicted. 10 favorable districts which can be classified into 4 types are put forward. All these provide technical supports for subtle reservoir exploration.

Key words: sequence framework; facies evolution; subtle reservoir; the Chezhen Sag; the Bohaiwan Basin