

文章编号: 1009-3850(2007)02-0088-06

埕北地区沙河街组缓坡带沉积体系

赵 瞻¹, 李 勇¹, 丘东洲², 肖敦清³,

袁淑琴³, 孙晓霞¹, 陈 蓉¹, 刘子玉¹

(1. 成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610081; 3. 大港油田, 天津 300280)

摘要: 埕北地区古近系沙河街组为以缓坡沉积相带为主的断阶带。在构造、地层、沉积相、物源进行分析的基础上, 划分了 6 个三级层序; 在地层等时格架对比和物源区分析的基础上, 建立了以碎屑岩缓坡沉积相带为主的沉积体系, 确定了缓坡辫状河三角洲、滨浅湖滩坝、浊积扇 3 种类型的缓坡带有利储集体。

关键词: 埕北; 古近系; 沙河街组; 缓坡带; 沉积体系; 渤海湾

中图分类号: P512.2 文献标识码: A

1 前 言

埕北地区位于渤海湾盆地黄骅拗陷东南部, 歧口生油凹陷南侧, 北起歧东断层, 南至埕宁隆起关家堡-埕海构造带, 东至渤海 5m 水深区, 西至羊三木地区, 面积约 2000 km²。经过近 10 余年的勘探开发, 埕北地区油气勘探的领域已由以构造油气藏为主转向以地层、岩性油气藏为主。

由埕宁隆起向北依次发育 4 条向北北西倾斜的断层, 构成了向北逐级下掉的埕北断阶带; 由南向北可划分为斜坡区、外带、中带和内带 4 个区块 (图 1)。埕北断阶带为一基岩潜山背景、继承性发育的构造带, 它被歧口、歧南、沙南凹陷所围限, 成藏条件十分优越。而古近系沙河街组是埕北地区最重要的勘探目的层系之一, 厚度为 0~1600m, 发育了两条古构造运动面 (沙三段底界面及沙二段底界面)^[1] (即不整合面), 并由北向南上超, 地层厚度也由北向南逐步减薄。针对该区油气藏勘探的特殊要求, 研究以岩芯观察为基础, 并充分利用了测井及地震资

料。根据区内地层垂向上和平面上具分布不连续、近物源、粗碎屑发育, 构造活动较弱、古地形斜率较低、物源区与汇水区的势能差较小等特征^[2], 提出埕北地区缓坡带沉积体系模式。

2 层序地层等时格架

埕北地区沙河街组处于湖盆断陷期, 受基岩潜山背景的控制, 地层沉积呈现出北断南超的特点。通过大量的岩芯观察 (18 口) 以及钻井测井曲线 (36 条)、地震剖面 (32 条) 等相标志的详细研究, 并结合前人的研究成果, 对埕北地区古近系沙河街组进行了较全面、系统的研究, 划分出 6 个三级层序^[3] (表 1)。每个层序均可划分为退积型准层序组 (层序底界面和初始湖泛面之间)、加积型准层序组 (初始湖泛面与最大湖泛面之间) 和进积型准层序组 (最大湖泛面与层序顶界面之间), 分别对应于层序的低位体系域 (LST)、湖侵体系域 (EST) 和高位体系域 (HST), 其中每个层序湖侵体系域最为发育, 低位域和高位域均存在不同程度的缺失。

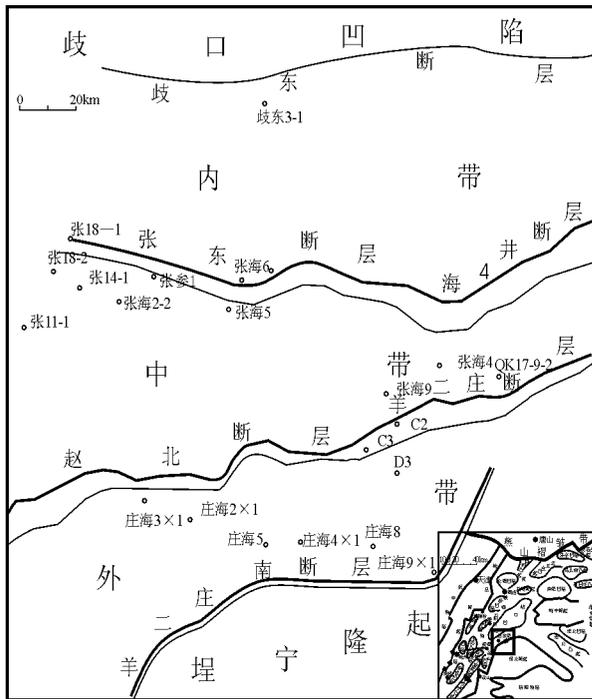


图1 大港埕北地区构造分区简略图

Fig. 1 Simplified structural division of the Chengbei region, Dagang

表1 埕北地区古近系沙河街组层序划分表

Table 1 Sequence division for the Paleogene Shahejie Formation in the Chengbei region, Dagang

地层系统		层序划分	地层之间接触关系	地震反射界面	
段	亚段				
一段	中+上	SQ6	下超 整合、顶超 下超 削蚀、顶超/上超 下超 削蚀、顶超	— T4 —	
	下	SQ5			
二段	上	SQ4		— T5 —	
	下	SQ3			
三段	下	SQ2			— T6 —
	下	SQ1			
下伏地层					

SQ1的底界面为新生界与中生界的分界面,亦为区域性大规模不整合面,地震反射界面为T6。该期断层活动加剧,区块之间高差加大,凸起部位风化剥蚀强烈,低位体系域因暴露而被剥蚀。SQ3的底界面也属于区域上较大规模的不整合面,在盆地内均可追踪对比,地震反射界面为T5。SQ3、SQ4沉积时期歧口凹陷以陆相淡水生物化合组合为特征,为一淡水闭流湖盆^[4]。而闭流湖盆的湖平面不受盆地基底整体构造沉降的控制,控制地层发育的主要因素是气候的变化^[3]。由于气候层序一般在干旱条件

下形成,SQ3、SQ4层序沉积厚度较薄,其低位体系域及高位体系域不甚发育。SQ5的底界面在外带表现为不整合接触,向内带过渡为整合接触,地震反射界面为T4。由于构造活动的影响,外带与中带形成了相对封闭的湖湾,以发育湖侵体系域与高位体系域为主。SQ2、SQ4、SQ6的底界面均为岩电转换面,整合接触于下伏地层。SQ2沉积时期,构造运动相对减弱,区块之间的高差较小,低位体系域有所发育。SQ6沉积时期断层的持续活动决定了低水位体系域不发育,只发育较厚的高位体系域和不完整的湖侵体系域。平面上,由于构造活动与气候的影响,地层层序厚度整体上北厚南薄、西厚东薄,在四大区块上有不同程度的缺失。

3 沉积体系分布特征

3.1 沉积相类型

埕北地区主要发育辫状河三角洲、湖泊(包括滨浅湖滩坝)和浊积扇等3种沉积相类型,具缓坡带沉积特征。

辫状河三角洲相发育在该区各层序中,砂砾岩含量相对较低,主要以中、细砂岩为主。该相包括辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘和前辫状河三角洲亚相沉积。辫状河三角洲平原亚相色杂、粒度较粗、分选中等,成分成熟度中等;石英含量为20%~30%,岩屑含量为15%~30%(张海503井、庄海802等);底部发育冲刷构造,常见冲刷的泥砾,具大型板状和槽状交错层理及平行层理(扣42井等);概率累计曲线三段式,以牵引流为主,缺乏重力流的沉积。辫状河三角洲前缘亚相发育水下分流河道和河口坝微相。水下分流河道微相粒度向上变细,河口坝微相粒度呈下细上粗的反韵律(张海9井、张20井等),沉积构造有交错层理、波状层理、变形构造及一些生物扰动构造(张20井、扣42井等),常见植物碎片、虫孔及一些生物介壳(扣42井、张海9井等)。前三三角洲亚相主要发育暗色泥质沉积物,与滨浅湖亚相不易区分,将其划入滨浅湖亚相。

滨浅湖滩坝主要发育在SQ3—SQ5层序的湖侵和高位体系域中,成熟度高,含泥少,分选和磨圆都较好;沉积构造有平行层理、波状层理、沙纹层理、槽状层理、块状层理、水平层理、波痕及生物扰动构造。砂体上下常是灰绿色、浅灰色含湖相化石的滨浅湖泥岩及碳质泥岩(张参1井、张海6井等),粒度较细,粒度曲线呈两段式,滚动总体粒级—1~2 ϕ ,悬浮总体粒级大于2 ϕ (张参1井等)。还发育鲕粒灰岩

(鲕粒滩)、生物灰岩(生物滩,常见螺和介形虫化石)、泥晶灰岩、泥晶白云岩,单层厚度一般不超过1.5m(张海9井、扣42井等)。浊积扇沉积属深水重力流沉积,主要发育在内带,岩性为深灰色、黑色泥岩夹杂基支撑砂砾岩,见鲍玛序列与泄水构造,粒度概率曲线多为一段式(歧南6井、歧南2井等)。

3.2 物源区分析

通过大量的岩石薄片骨架成分、岩类聚类 and 重矿物矿物分析,认为该区沙河街组沉积主要来自三大物源区,即以现代海岸线和2m线为界,把该区从西到东分为西部物源区(现代海岸线以西)、中部物源区(现代海岸线和2m线之间)和东部物源区(2m线以东),其中东部和中部物源区性质相近,母岩类型基本一致,而与西部物源区的母岩性质存在较大的差异。西部物源区母岩类型为二叠系、奥陶系的灰岩及砂岩,岩石中砾石成分以碳酸盐岩为主,岩屑类型以沉积岩岩屑占优势,变质岩岩屑含量较低,重矿物中锆石含量较高,ZTR指数具有多物源性质。西部物源区的母岩来自于埕宁隆起古生界碳酸盐岩和西南部较远距离搬运的砂泥岩。东部物源区的母岩主要为侏罗系的火山岩及砂岩,砾石成分则以火山岩为主,岩浆岩、变质岩岩屑含量较高,重矿物中电气石、石榴子石含量较高,ZTR指数具有多物源性质。鉴于埕北地区东侧的海中隆起以前寒武纪花岗岩为主,另出露有酸性和中基性喷出岩、片岩、千枚岩、砂岩、泥岩及碳酸盐岩等岩石类型,推测海中隆起也是东部地区的一个物质来源。中部物源区沉积岩岩屑最高,岩浆岩岩屑次之,变质岩岩屑含量较低,石英含量略低于长石含量,成分成熟度较差,重矿物ZTR指数具有单物源性质。推测中部物源区的母岩来自于埕宁隆起的上、下古生界碳酸盐岩。

3.3 沉积体系空间展布

据各层序砂岩厚度等值线图、砂岩百分含量图,电测曲线、岩芯资料垂向上的沉积相组合、古物源分析和水系分散体系特征,结合地震相,按水系将埕北地区划分为三大沉积体系,即东部沉积体系、中部沉积体系和西部沉积体系(对应三大物源区)(图2)。

SQ1层序在羊二庄南断层以北地区广泛分布,羊二庄南断层以南地区遭受剥蚀,其剥蚀线沿庄59井—庄海1×1井—C-3井—海13井—一线。东部沉积体系仅在内带发育辫状河三角洲外前缘、浅一半深湖;中部与西部沉积体系分别沿庄海2×1井—张海10井—张海15井和庄浅2井—庄9井—一张18-1井—歧东3-1井在外带发育辫状河三角洲平原,中

带发育辫状河三角洲内前缘、浅湖,内带发育辫状河三角洲外前缘、浅一半深湖,西部沉积体系还在歧南2井附近发育浊积扇、半深湖。

SQ2层序在羊二庄南断层以北地区广泛分布,羊二庄南断层以南地区遭受剥蚀,水域面积扩大,其剥蚀线沿庄44井—庄海1×1井—D-3井—埕海2井—一线。东部、中部与西部沉积体系分别沿歧口17-9-2井—海12井—张海13井、庄海5井—张海503井—张海19井和庄浅2井—庄3井—一张14-1井—歧东3-1井在外带发育辫状河三角洲平原,中带发育辫状河三角洲内前缘、浅湖,内带发育辫状河三角洲外前缘、浅一半深湖,西部沉积体系在歧南2井附近发育浊积扇、半深湖。

SQ3层序构造活动较弱,受气候因素影响较大,水域面积最小,仅在赵北—羊二庄断层以北地区分布,羊二庄断层以南地区遭受剥蚀,其剥蚀线沿歧100井—庄51井—张海9井—海13井—一线。中部沉积体系沿f-1井—张海503井—张海6井在中带发育辫状河三角洲前缘、滨浅湖砂坝,扇体较小,内带发育半深湖;东部沉积体系沿庄海3×1井—歧东3-1井仅内带发育辫状河三角洲外前缘、半深湖;西部沉积体系沿庄37井—一张5井—一张18-1井在中带发育辫状河三角洲平原、内前缘、滨浅湖,内带发育辫状河三角洲外前缘、浊积扇、半深湖。

SQ4层序也受气候因素影响较大,范围比SQ3稍大,主要在赵北—羊二庄断层以北地区分布,羊二庄断层以南地区遭受剥蚀,其剥蚀线沿歧100井—庄9井—C-3井—埕海2井—一线。中部沉积体系沿f-1井—张海501井—张海6井在中带发育辫状河三角洲平原、前缘、滨浅湖砂坝,内带发育浅一半深湖;东部与西部沉积体系分别沿歧口17-9-2井—海11井—歧东3-1井和庄18井—一张8井—一张18-1井在中带发育辫状河三角洲平原、内前缘、滨浅湖,内带发育辫状河三角洲外前缘、浅一半深湖,东部沉积体系在海4井附近发育砂坝。

SQ5层序由于构造活动的影响,在区内广泛发育,南超于埕宁隆起之上,外带与中带形成了相对封闭的湖湾,其剥蚀线沿庄10井—庄6井—庄11井—庄14井—一线。中部沉积体系沿庄海12井—D-2井—张海15井在外带发育辫状河三角洲前缘,滨浅湖碳酸盐滩坝在羊二庄南断层向北至张东断层间广泛发育;东部与西部沉积体系分别沿埕海4井—海12井—张海13井—歧东3-1井和庄65井—歧南2井—一张7井—一张18-1井在外带发育辫状河三角洲

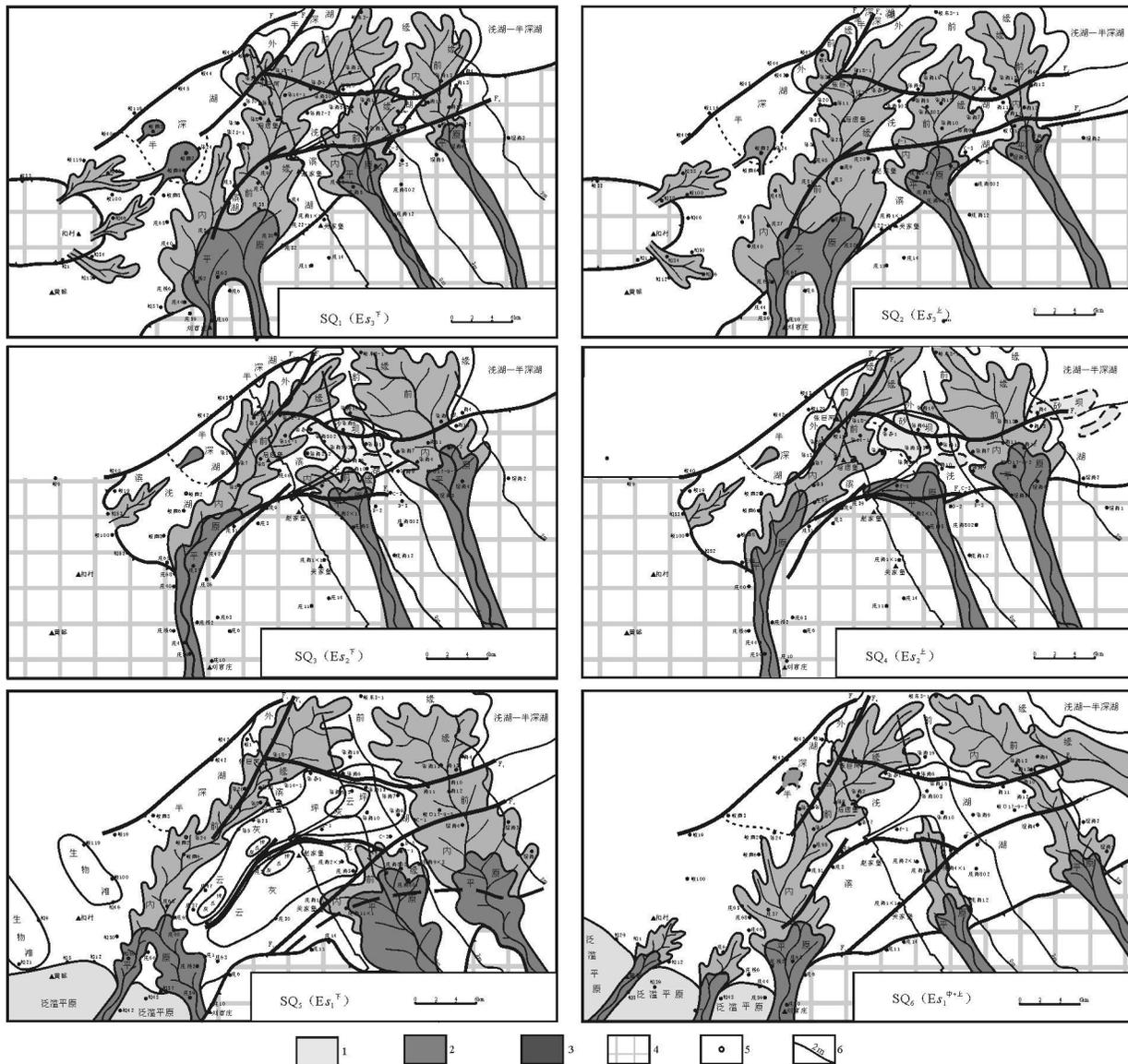


图2 埕北地区各层序沉积体系展布图

1. 砂坝; 2. 辫状河三角洲; 3. 浊积扇; 4. 剥蚀区; 5. 井位; 6. 海岸线。F₁. 南大港断层; F₂. 张北断层; F₃. 张东-海4断层; F₄. 赵北-羊二庄断层; F₅. 羊二庄南断层

Fig. 2 Distribution of the depositional systems in individual sequences (SQ1-SQ6) in the Chengbei region, Dagang
1= Sandbar; 2= braided delta; 3= turbidite fan; 4= denudation area; 5= well site; 6= coast line. F₁= South Dagang fault;
F₂= Zhangbei fault; F₃= Zhangdong-Hai 4 fault; F₄= Zhaobei-Yang erzhuang fault; F₅= South Yang erzhuang fault

平原, 中带发育辫状河三角洲内前缘、浅湖, 内带发育辫状河三角洲外前缘、浅一半深湖, 西部沉积体系在扣38井、扣29井附近发育生物滩。

SQ6层序湖域有所减小, 上超于埕宁隆起, 其剥蚀线沿庄10井—庄6井—庄11井—庄14井一线。中部沉积体系发育较小, 仅沿庄海5井—张海16井—张海6井在外带发育辫状河三角洲平原、前缘, 扇体小; 西部沉积体系沿庄63井—张5井—张18-1井在外带发育辫状河三角洲平原, 中带发育辫状河三角洲内前缘、浅湖, 内带发育辫状河三角洲外前缘、

浊积扇、半深湖; 东部沉积体系沿埕海4井—海13井—歧东3-1井在外带发育辫状河三角洲平原, 中带发育辫状河三角洲内前缘、浅湖, 内带发育辫状河三角洲外前缘、浅一半深湖, 扇体在外带、中带发育较小, 进入内带后立即扩大, 水道方向从NNW向迅速偏向NW向, 怀疑又研究区外的水道注入。

该区缓坡带沉积体系演化受构造升降运动、气候、沉积物供给、湖平面升降等因素影响明显, 旋回性清楚, 从SQ1至SQ6, 西部沉积体系扇体逐渐减小、相带宽度渐窄; 中部沉积体系扇体逐渐减小, 延

伸渐近, 在 SQ3、SQ4 最小, 并发育滨浅湖砂坝, SQ5 发育碳酸盐岩沉积; 东部沉积体系扇体一直增大, 至 SQ6 又有研究区东部的水道注入, 使扇体方向有所变化。

4 缓坡带沉积体系模式

在构造、地层、沉积相、物源区、沉积体系分析的基础上, 建立了埕北地区单断型断阶式缓坡带沉积体系模式^[5]。基底阶梯状断裂、盆倾断层活动的差异性, 高级序断层活动微弱, 低级序断层活动较强, 形成了剖面上由歧口凹陷向南部埕宁隆起呈台阶式逐级抬高的构造格局, 使地形高差变化和沉积格局复杂化, 导致沉积环境多变和沉积厚度在断层下降盘增厚^[6], 形成了一组多台阶构成的多级坡折带。其中北部张东—海 4 断层对沉积影响较大, 为浅水与半深水的分界线。缓坡区发育一套近物源、相带

宽, 沉积物粒度相对较细的、辫状河三角洲和滨浅湖滩坝为主的沉积相类型, 而不发育陡坡带才有的扇三角洲和近岸水下扇为主的沉积相类型。在上、下坡折带之间主要为辫状三角洲前缘发育区, 砂体沉积厚度大; 下坡折带下部的内带, 沉积物既包括细粒泥质沉积物, 也包括辫状三角洲前缘沉积物和前缘滑塌再搬运形成的沉积物, 即浊积扇体。

纵向上, 缓坡带受构造升降运动、气候因素等影响明显, 沉积体系的旋回性清楚, 遵循前面所述缓坡带沉积体系纵向演化具继承性(图 3)。平面上, 本区古近系沙河街组由埕宁隆起向歧口凹陷方向, 在斜坡区遭受剥蚀, 在外带发育辫状河三角洲平原, 在中带发育辫状河三角洲内前缘及滨浅湖滩坝沉积, 在内带发育辫状河三角洲外前缘及浊积扇沉积(图 4)。

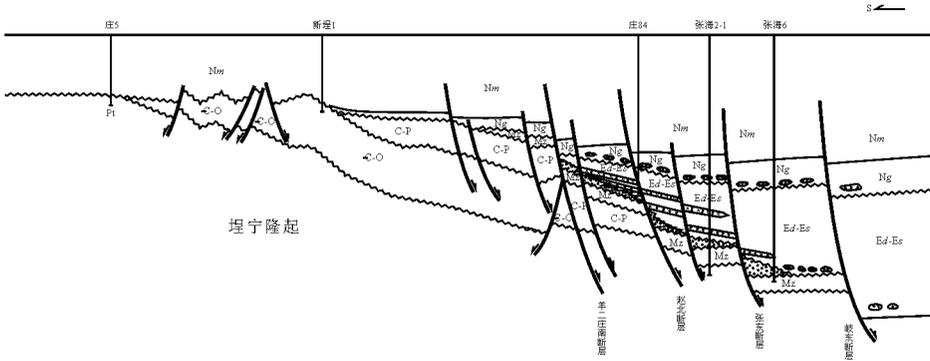


图 3 埕北地区单断型断阶式缓坡带沉积剖面

Fig. 3 Sedimentary section across the simple fault terrace-type ramp zone in the Chengbei region, Dagang

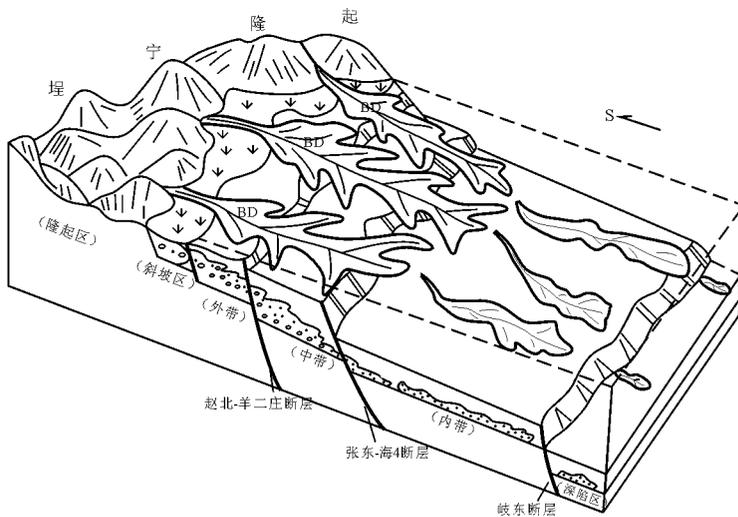


图 4 埕北地区缓坡型沉积体系模式

BD. 辫状河三角洲; TF. 浊积扇

Fig. 4 Model for the ramp-type depositional systems in the Chengbei region, Dagang

BD= braided delta; TF= turbidite fan

5 结 论

埕北地区沙河街组在由埕宁隆起向北依次发育4条向北北西倾斜断层的影响下,纵向上和平面上具有分布不连续、层序不完整,地层厚度由北向南逐步减薄,具有近物源、粗碎屑的边缘相带发育和相带较宽等特点,并具有构造活动较弱、古地形斜率较低、物源区与汇水区的势能差较小等特征,形成了一套沉积粒度相对较细的、以辫状河三角洲及滨岸滩坝类沉积为特征的沉积体系类型,是以缓坡沉积相带为主的断阶带。该区主要存在东部、中部和西部3个物源区。自埕宁隆起向北,南部斜坡区遭受剥蚀,中南部外带发育辫状河三角洲平原为主,中北部中带发育辫状河三角洲内前缘及滩坝为主,在北部

内带发育辫状河三角洲外前缘及浊积扇体。

参考文献:

- [1] 陈莹,林畅松,周小军,等.歧口凹陷古近系构造对沉积层序和砂体分布的控制[J].新疆石油地质,2006,27(3):302-304.
- [2] 李丕龙,庞雄奇,等.陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成——以济阳拗陷为例[M].北京:石油工业出版社,2004.
- [3] 许淑梅,翟世奎,李三忠.歧口凹陷滩海区下第三系层序地层分析及沉积体系研究[J].沉积学报,2001,19(3):363-367.
- [4] 纪友亮,张世奇.陆相断陷湖盆层序地层学[M].北京:石油工业出版社,1996.
- [5] 周廷全.济阳拗陷缓坡带沉积模式及有利储集体分布研究[J].油气地质与采收率,2005,12(3):18-21.
- [6] 张善文,王英民,李群.应用坡折带理论寻找隐蔽油气藏[J].石油勘探与开发,2003,30(3):5-7.

Depositional systems in the Shahejie Formation in the ramp zone of the Chengbei region, Bohai Gulf

ZHAO Zhan¹, LI Yong¹, QIU Dong-zhou², XIAO Dun-qing³, YUAN Shu-qing³, SUN Xiao-xia¹, CHEN Rong¹, LIU Zi-yu¹

(1. *Research Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*; 2. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China*; 3. *Dagang Oil Field, Tianjin, 300280, China*)

Abstract: The Paleogene Shahejie Formation strata occur in the fault terraces in the ramp facies zone of the Chengbei region Bohai Gulf, and are grouped, on the basis of geological structures, stratigraphy, sedimentary facies and provenance, into six third-order sequences. The correlation of the sequence stratigraphic isochronous framework and provenance analysis result in the establishment of the spatial distribution of clastic ramp-dominated depositional systems and delineation of three types of favourable reservoirs including braided delta, littoral and shallow lake beach and bar, and turbidite fan in the ramp zone.

Key words: Chengbei region; Paleogene; Shahejie Formation; ramp zone; depositional system; Bohai Gulf