

文章编号: 1009-3850(2008)02-0076-07

南堡凹陷高柳构造带新近系馆陶组沉积相研究

梁昌国¹, 林承焰¹, 曹敬涛², 杨 静³, 陈 洪²

(1. 中国石油大学 资源与信息学院, 山东 东营 257061; 2 中石油 辽河油田 高升采油厂, 辽宁 盘锦 124125; 3 中国石油 大港油田 分公司采油工艺研究院, 天津 大港 300280)

摘要: 为了指导高柳构造带的滚动勘探开发, 笔者对新近系馆陶组的沉积相进行了研究。馆陶组主要发育冲积扇相、辫状河相和曲流河相。冲积扇发育于馆陶组的底部, 辫状河发育于该组的中下部, 曲流河发育于顶部。对各个时期沉积相的平面演化规律的研究表明, N₉V 时期主要发育冲积扇扇中和扇缘亚相, N₉II 和 N₉I 时期主要发育辫状河河道亚相和河道间亚相, N₉I 时期主要发育曲流河河道和河道间亚相。沉积相发育主要受控于构造运动、较强氧化环境、干旱 燥热的古气候条件和沉积基准面的升降。泛滥平原微相泥岩与河流相砂岩匹配能够形成有利的生储盖组合。

关 键 词: 高柳构造带; 馆陶组; 沉积相; 南堡凹陷

中图分类号: TE121.3 文献标识码: A

南堡凹陷位于渤海湾盆地黄骅坳陷北部边缘的新生界箕状断陷(董月霞等, 2000)(图 1)^[1]。高柳构造带新近系油藏位于南堡凹陷北部柏各庄断层和西南庄断层的下降盘, 主要包括高尚堡、柳赞和唐海油田的浅层油藏, 工区范围大约 300 km²。探明含油面积 11 km², 地质储量 2008×10⁴吨。受沉积相带控制, 南堡凹陷馆陶组砂泥岩互层横向变化快, 油气勘探的首要问题是要解决优质储集砂体分布及有利盖层分布的问题。由于区域内的沉积相研究太粗, 不能有效地指导滚动勘探开发, 而开发区块内部精细的沉积微相研究则不能解决油田间的沉积相研究, 不能有效地指导滚动勘探。针对以上问题, 笔者进行了高柳构造带的整体沉积相研究, 这种二级构造带的沉积相研究能够有效地指导滚动勘探开发。

1 沉积相类型及特征

从该区的沉积相类型来看, 主要有冲积扇相、

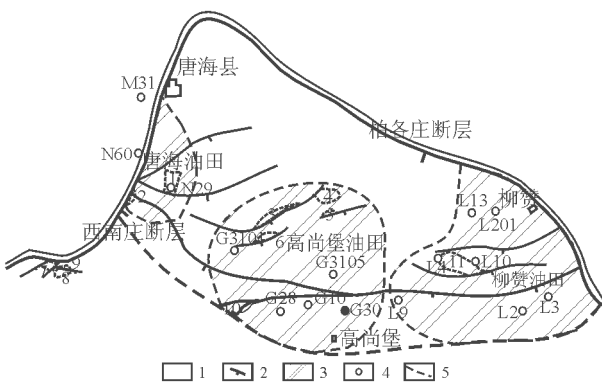


图 1 高柳构造带油田位置示意图

1. 低幅构造; 2 断层; 3 油田边界线; 4 井位; 5 高柳构造带南界

Fig 1 Schematic diagram of the location of the oil fields in the Gao Liu structural zone

1= low relief structure; 2= fault; 3= oil field boundary; 4= well site; 5= the southern boundary of the Gao Liu structural zone

辫状河相和曲流河相^[2]。

1.1 冲积扇相

研究区内冲积扇分布于馆陶组的底部,主要发育砾岩、含砾砂岩和粗砂岩,砂岩以灰白色为主,泥岩以紫红色及棕红色为主。单层厚度较大,发育块状层理、递变层理及冲刷构造。主要成分为石英和长石,分选差,岩石颗粒以次圆、次棱为主。冲积扇平面上连续性一般较好,砾石岩体连片分布。扇中亚相砂体以次片状和条带状分布,扇缘呈以片流形式呈席状分布^[3]。扇根单层厚度大,砾石所占的比例较高,发育的主要微相有主槽和槽间滩;扇中砾石呈叠瓦状排列,发育的主要微相有辫状沟槽、辫流砂岛、漫流带;扇端和侧缘主要为洪水漫流沉积的砂、粉砂和泥质沉积物。

高柳构造带位于柏格庄断层和西南庄断层的下降盘,由于物源区的物理风化作用,可以提供大量的近源碎屑物质,山口附近开阔而平缓的地形是接受沉积的有利场所,这为形成冲积扇提供了必要的先决条件。

1.2 辫状河河流相

辫状河是一种多河道、弯曲度小的河流,河道宽而浅,其宽深比值大于40,弯度指数小于1.5,心滩发育。河道被很多心滩分割,水流形成多条河道绕着众多的心滩不断分叉,又复汇合^[4]。该沉积是本区馆陶组最为发育、分布最广的沉积类型。其特征为:底部为含砾砂岩,属河床滞留沉积,与下伏层呈冲刷侵蚀接触,一般具明显的冲刷面;顶部的粒度一般较细,胶结作用也比较强。测井曲线以箱形和钟形为主,厚度一般大于3m。砂粒约占70%,砾石占20%左右,砾径一般1~6mm,岩石颗粒呈次圆状,胶结疏松。主要发育交错层理和平行层理。储集条件好,平均孔隙度为30.1%,渗透率为 $1335 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。其主要微相类型有河道、心滩、天然堤、河间高地和河间洼地等。

1.3 曲流河河流相

曲流河河流沉积是本区馆陶组末期的沉积类型。其沉积特征为:底部为粗砂岩,局部含砾石及泥砾,一般也具有明显的冲刷面。在岩心观察过程中常发现交错层理、斜层理、平行层理,在粉砂岩和泥岩中多见炭化植物碎屑。剖面结构具有明显的正韵律旋回,旋回下部主要为砂质沉积。上部为粉砂质沉积,由下向上粒度变细,单层厚度变薄,反映出水动力条件逐渐减弱的趋势。测井曲线以箱型和钟型为主。主要相类型有河道、溢岸和河道间微相。河

道间和溢岸平面上广泛分布于河道两侧,在垂向剖面上河道间与天然堤、决口扇和河道沉积密切共生。溢岸沉积岩性为泥质粉砂岩和细砂岩,岩性相对细,物性较差,单层厚度0.5~3m。河道间岩性主要为紫红色、棕红色和暗色粉砂质泥岩、泥岩,具水平层理和沙纹层理。泥质较纯而硬,单层厚度大,最大厚度可达120m。岩石为长石岩屑砂岩,分选好,次圆状,颗粒支撑,点接触。

与盆地其它地区的新近系不同,由于南堡凹陷距离燕山物源区和柏格庄、西南庄凸起很近,发育厚层的辫状河和曲流河沉积,馆陶组主要沉积以辫状河为主,曲流河沉积主要发生在馆陶组的末期。

2 沉积相的平面展布

新近系馆陶组一共划分为NqV、NqII、NqI和N₁4个油组。

2.1 NqV

该期主要发育冲积扇相。扇根亚相的分布面积小,沉积物粒度粗,流沟和主槽微相是最主要的相带,扇根之间发育漫洪带。扇中亚相是分布面积最广、最发育的相带,特别是辫状流沟微相,厚度大分布广,是NqV的主要储层。漫洪带和砂岛分布在靠近凹陷的中间部位,沉积物的粒度较细。在凹陷北部主要发育扇缘微相,沉积物的粒度较细,砂泥比较低;在北部的断层陡坡带,沿古凸起以滑塌为主的裙状坡积物较发育。物源的主要方向是西北方向和东北方向,物源区主要是柏格庄和西南庄凸起,发育4个冲积扇(图2)。

2.2 NqII

该时期主要发育辫状河道亚相。辫状河道分布面积广,内部心滩较发育,溢岸微相分布面积广,也是主要的发育相带之一。河道之间主要发育河间高地和河间洼地,河间高地和河间洼地的分布面积广,其间非优势河道也较发育,但是其砂岩的粒度相对较细,厚度也较薄。河流主要从北部、北西部和东北部3个方向流入,其中北西部和东北部物源的继承性较好(图3)。

2.3 NqI

在该时期,主要发育辫状河沉积。河道发育,河道砂体的沉积厚度较大,分布范围也较广。从河道中心向两侧,主要发育心滩、河道、溢岸沉积、河间高地、河间洼地,河道亚相的分布范围广、厚度也较大,河间高地和河间洼地主要分布在东北方向,内部非优势河道较发育。物源的主要方向为北西方向和东

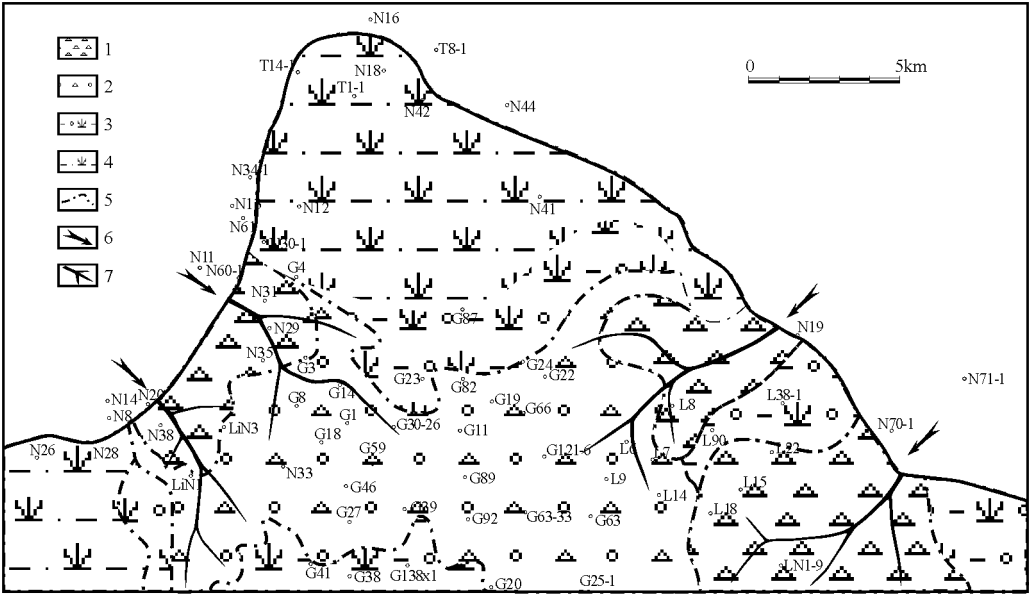


图 2 高柳构造带馆陶组 IV 油组沉积相分布图

1 扇根; 2 扇中; 3 漫洪带; 4 扇端侧缘; 5 相区分界; 6 物源方向; 7 物流方向

Fig 2 Sedimentary facies distribution in the IV oilmeasures of the Guanáo Formation

1= fanhead, 2= mid-fan, 3= flood land, 4= fan fringe, 5= facies boundary, 6= sediment supply direction, 7= sediment flow direction

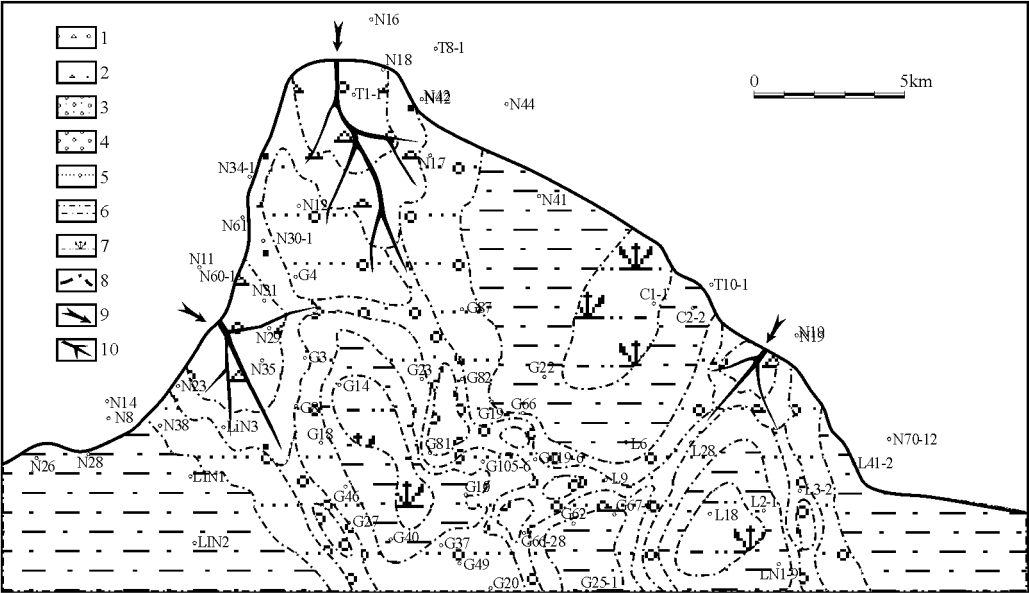


图 3 高柳构造带馆陶组 III 油组沉积相分布图

1. 扇中亚相; 2 扇端亚相; 3 主河道; 4. 心滩; 5 堤岸; 6 泛滥平原; 7. 泛滥盆地; 8 相区边界; 9 物源方向; 10. 物流方向

Fig 3 Sedimentary facies distribution in the III oilmeasures of the Guanáo Formation

1= mid-fan subfacies, 2= fan fringe subfacies, 3= main channel, 4= channel bar, 5= natural levee, 6= flood plain, 7= flood basin, 8= facies boundary, 9= sediment supply direction, 10= sediment flow direction

北方向,与 N8II时期的河流对比,物源存在一定的摆动,但总体上继承性较好(图 4)。

2.4 N8I

在该时期,河道的规模进一步减小,物源方向也进一步向北迁移,北部靠近西南庄断层附近砂体发育厚度大,心滩较发育,到南部河道的宽度降低,心滩的发育程度降低。溢岸亚相的分布范围较广,也是一个重要的相带。东北部也存在物源,其河道的规模也较小。总体上河道间和河间高地、河间洼地发育,分布广,内部非优势河道发育。物源方向主要来自北部和东北部,物源方向总体向北迁移(图 5)。

3 沉积相的纵向发育规律

从新近系馆陶组沉积相的纵向发育规律来看,由下向上,该区沉积经过了冲积扇、辫状河、曲流河的沉积演化过程,岩石的粒度呈现出由粗到细的变化规律,水体能量呈现出由强到弱的变化特点。

从纵向的沉积相变化来看,在 N8IV时期,由于受断块运动和干旱气候的影响,导致了沉积物物源区的剥蚀作用。在季节性暴雨的作用下,形成冲积扇,其砂体发育厚度最大,达到 70m以上,砂泥比达 50%以上;在 N8I 到 N8II时期,沉积区距离物源区也较近,属于幼年期到幼年晚期河道,在纵向上呈现

出由冲积扇到辫状河的转变过程;N8II为辫状河流相,砂体发育程度最差,砂岩厚度和砂泥比均较低;N8I 砂体发育厚度也较大,为辫状河河流相,砂岩厚度达到 50m以上,砂泥比也达到 50%以上^[5]。

在 N8 时期,以发育曲流河为主。从物源方向来看,在原来物源方向的基础上,增加了北部的燕山物源区,而且是主要的沉积物源区,溢岸和河间高地、河间洼地也较发育,沉积物主要为砂质砂泥质,粒度较细,该时期大致相当于成年期河道,砂泥比较低,一般砂地比低于 50%,砂体发育程度下降。

4 沉积相发育的控制因素

4.1 构造因素

中生代以来南堡凹陷经历了断陷裂陷开始、发育、充填、裂后发育和构造再活动的演化阶段,每个演化阶段形成了不同的构造断裂特征,从而控制着不同沉积体系的形成。渐新世末期,喜马拉雅运动使本区整体广遭剥蚀,到新近纪早期,由于受太平洋板块的运动影响,华北地区遭受强烈的挤压,开始进入拗陷发育期。而后发育了中新统馆陶组和明化镇组冲积扇-河流沉积体系。在馆陶组的初期,由于物源充足,距离物源区近,而且坡降大水流急,发育冲积扇和辫状河沉积体系。到馆陶组的末期,由于

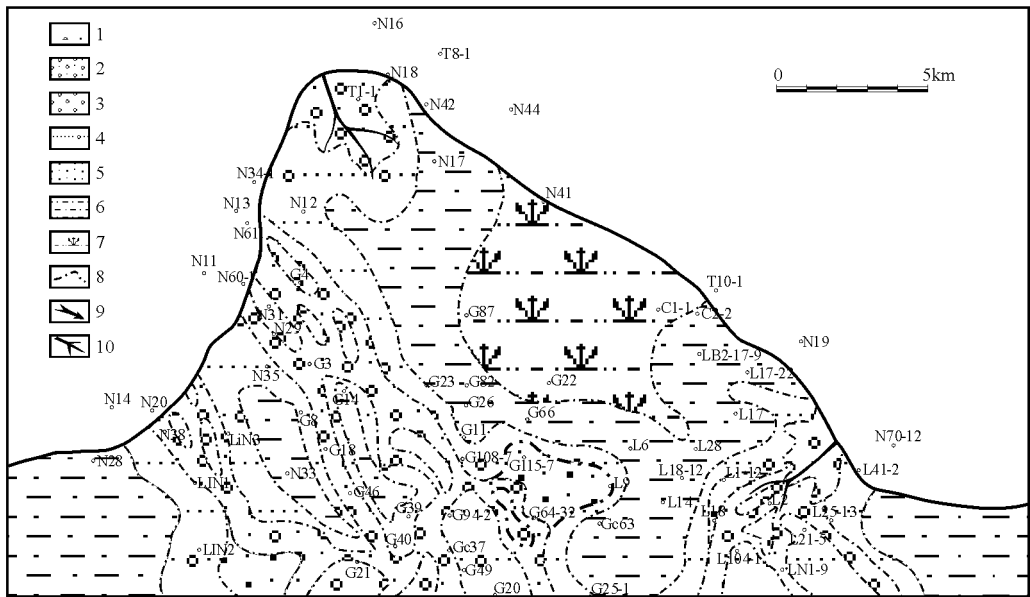


图 4 高柳构造带馆陶组 II 油组沉积相分布图

1. 扇端亚相; 2 主河道; 3 心滩; 4 堤岸; 5 边滩; 6 泛滥平原; 7 泛滥盆地; 8 相区边界; 9 物源方向; 10 物流方向
Fig 4 Sedimentary facies distribution in the II oil measures of the Guantao Formation

1= fan fringe subfacies 2= main channel 3= channel bar 4= natural levee 5= point bar 6= flood plain 7= flood basin
8= facies boundary 9= sediment supply direction 10= sediment flow direction

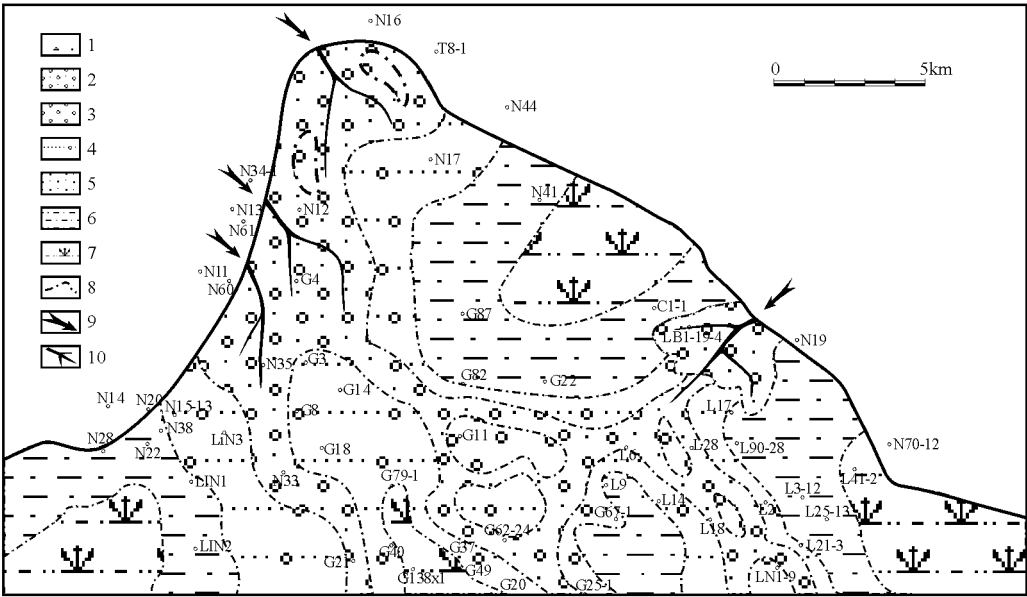


图 5 高柳构造带馆陶组I 油组沉积相分布图

1. 扇端亚相; 2 主河道; 3 心滩; 4. 堤岸; 5. 边滩; 6 泛滥平原; 7 泛滥盆地; 8 相区边界; 9 物源方向; 10. 物流方向

Fig 5 Sedimentary facies distribution in the I oil measures of the Guanao Formation

1= fan fringe subfacies 2= main channel 3= channel bar 4= natural levee 5= point bar 6= flood plain 7= flood basin 8= facies boundary 9= sediment supply direction 10= sediment flow direction

基准面的上升, 沉积坡降小, 水流缓慢, 物源区沉积物粒度细, 导致河道和河漫沉积发育, 发育曲流河沉积体系, 填平补齐沉积发育, 拗陷逐渐进入消失阶段。

受构造背景控制, 古近系沉积时表现为北高南低的古地貌格局, 古地形坡度较陡, 临近西南庄凸起和柏各庄凸起两个物源区, 为馆陶组和明化镇组的形成提供了有利的沉积空间和丰富的碎屑物质。构造活动导致了沉积物源区的剥蚀作用增强和河流能量的提高, 为冲积扇和辫状河体系的形成创造了条件。

4.2 弱 强氧化环境

沉积岩颜色是判断沉积环境的重要标志。据岩心观察, 馆陶组中泥岩颜色以棕红色和灰绿色为主, 而末期地层以紫红色和棕红色为主。泥岩的颜色说明了地层中氧化铁含量的高低, 反映出新近系沉积时气候燥热、氧化作用强烈, 同时指示出馆陶组氧化程度由弱到强的变化。氧化环境为物源的风化、剥蚀创造了条件, 也有利于冲积扇和辫状河河流的形成。

4.3 干旱 燥热的古气候条件

古生物种属及其分布产状, 是判断沉积环境、古气候条件的有效方法。根据高尚堡油田的新近系植物孢粉分析, 南堡凹陷馆陶组被子植物主要有胡桃

粉属、老山核桃粉属、榆粉属、桦粉属及拟榛粉属。其中胡桃粉属和老山核桃粉属含量较高, 分别为 18.4%, 17.3%; 裸子植物孢粉主要为双单束松粉, 蕨类孢粉有水蕨、真蕨属等。上述植物种类都指示出馆陶组沉积时, 南堡凹陷具有燥热干旱的古气候条件, 这种气候条件可提供形成冲积扇和辫状河的碎屑物质, 在这种条件下的季节性暴雨可导致间歇性河流的形成。

4.4 沉积基准面的升降

基准面的升降是控制沉积相平面和垂向分布和演化的主要控制因素, 伴随基准面的升高和降低, 沉积演化表现出明显的旋回性特征^[6]。当沉积基准面较高时, 具有较高的可容空间/沉积物供给 (A/S) 比, 以发育泛滥平原微相为主要特点; 当基准面相对较低时, 具有相对较低的可容空间/沉积物供给 (A/S) 比, 以发育厚层砂体为主要特点; 当基准面过低时, 以过路沉积和侵蚀为主要特点。

长期基准面控制沉积相的演化。该长期基准面以上升为主, 主要发育上升半旋回。在旋回的底部, 基准面的位置最低, 以发育冲积扇为主; 在旋回的中下部, 随着基准面的上升, 以发育辫状河沉积为主; 在旋回的上部和转换处, 基准面的位置最高, 以发育曲流河为主, 沉积相的演化受到长期基准面的控制。

中期基准面控制沉积亚相和微相的演化。馆陶

组在发育过程中,基准面出现了3次升降,决定了沉积相的3次有规律的变化。在每个旋回的中下部,基准面位置较低,以发育冲积扇和辫状河河道为主,随着基准面的上升,逐渐向溢岸微相和泛滥平原微相过渡,在基准面的转换处,以泛滥平原微相沉积为主。

5 沉积相与油气的关系

陆相盆地地层内部的油气富集状态受储盖层的发育状况制约(刘立等, 2001; 杨雷等, 2001; Leeder et al, 1996; Ramon, 1997)。受沉积相相变的控制,南堡凹陷高柳构造带馆陶组发育了多套储盖组合,为油气富集奠定了良好的石油地质基础^[1]。

馆陶组高孔高渗型储油砂体十分发育(杨玉卿等, 2001)。大致发育4套储层: N₈V下部冲积扇储层,该砂砾岩体由于储层分选差,属于重力流沉积,储层的物性差,不能作为主要的储层。N₈V顶部的砂岩虽然粒度较细,但是分选好,物性也相对较好,能够作为有效的储层。N₈III、N₈I和N₈辫状河储层发育较好,其物性也相对较好,是主要的储层。其中N₈I储层具有多期河道砂体相互切割、横向连通性好、砂层总厚度大、区域分布稳定等特点,其物性好,孔隙度为28%~30%,渗透率一般为 $1000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为高孔高渗型储层。该储集层段是渤海湾海域新近系的主要产油层,也是南堡凹陷最重要的油气储集层段。

河流相沉积砂体是油气储集的良好场所,其能否形成工业油气藏的关键因素之一是要具有良好的油气保存条件(冯增昭, 1993; 秦勇等, 2000)。受沉积微相控制,南堡凹陷馆陶组顶部和内部发育多套封盖层。明化镇组底部的泛滥平原微相泥岩在南堡凹陷全区广泛分布,是新近系馆陶组的主要盖层。N₈II、N₈I和N₈顶部的泛滥平原泥岩层在南堡凹陷全区分布,单层厚度一般为10~20m是馆陶组内

部重要的盖层。N₈V顶部的致密玄武岩在南堡凹陷北部广泛分布,厚度一般为5~300m是该区重要的局部盖层。在每个旋回内部,顶部泛滥平原盖层与底部河道储层相互配合,对馆陶组油气的聚集成藏起到重要作用。

6 结 论

(1)该工区主要发育冲积扇、辫状河和曲流河相。冲积扇发育于馆陶组的底部,辫状河发育于馆陶组的中下部,曲流河发育于馆陶组的顶部。

(2)从沉积相的平面演化规律来看, N₈V时期主要发育冲积扇扇中和扇缘亚相, N₈II和 N₈I时期主要发育辫状河河道亚相和河道间亚相, N₈I时期主要发育曲流河河道和河道间亚相。

(3)沉积相发育主要受控于构造运动、较强氧化环境、干旱、燥热的古气候条件和沉积基准面的升降。

(4)泛滥平原微相泥岩与河流相砂岩匹配能够形成有利的生储盖组合。

参考文献:

- [1] 王玉满, 袁选俊, 黄祖熹. 渤海湾盆地南堡凹陷新近系馆陶组沉积特征[J]. 古地理学报, 2003, 5(4): 404—412
- [2] 邱立伟, 游秀玲, 冉启佑. 高尚堡南浅层明化镇组下段—馆陶组储层评价[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 404—408
- [3] 李嵘, 丘东洲, 李国蓉. 广西南明地区第三系沉积相研究及对储集性的控制[J]. 岩相古地理, 1995, 5(3): 40—46
- [4] 邢凤存, 刘连启, 刘成鑫. 太平油田馆陶组下段沉积特征[J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(6): 3—5
- [5] 回雪峰, 管守锐, 张凤莲. 辽河盆地东部凹陷中段深层沙河街组沉积相[J]. 古地理学报, 2003, 5(3): 291—297
- [5] 高雷, 朱筱敏, 吕雪雁. 准噶尔盆地三个泉地区中侏罗统沉积相[J]. 石油实验地质, 2003, 25(5): 464—468

Sedimentary facies in the Neogene Guantao Formation in the Gaoliu structural zone, Nanpu depression

LIANG Chang-guo¹, LIN Cheng-yang¹, CAO Jing-tao², YANG Jing³, CHEN Hong²

(1. College of Geo resources and Information, China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong China; 2. Gaosheng Oil Production Plant, Liaohe Oil Field, PetroChina, Panjin 124125, Liaoning China; 3. Dagang Oil Field Company, PetroChina, Dagang 300280, Tianjin, China)

Abstract: Sedimentary facies in the Neogene Guantao Formation are examined in order to effectively guide the rolling exploration and development in the Gaoliu structural zone, in which the alluvial fan, braided stream and meandering stream facies are developed. The alluvial fan facies appears at the bottom of the Guantao Formation, followed by the braided stream facies developed in the middle and lower parts, and the meandering stream facies is developed on the top of it. There occurred the mid-fan and fan fringe subfacies of the alluvial fan facies during the IV depositional stage of the Guantao Formation; the channel subfacies and interchannel subfacies of braided stream facies during the III and II depositional stages of the Guantao Formation; and the channel and interchannel subfacies of the meandering stream during the I depositional stage of the Guantao Formation. The development of the sedimentary facies outlined above is mainly controlled by the tectonic movement, relatively strong oxidation environment, dry and warm climatic conditions and base level fluctuation during the deposition of the Guantao Formation. The matching of the flood plain mudstone and fluvial sandstone may form the favourable source-reservoir-seal associations.

Key words: Gaoliu structural zone; Guantao Formation; sedimentary facies; Nanpu depression