

文章编号: 1009-3850(2004)01-0097-08

胜利油区孤南洼陷古、新近系充填层序与沉积环境

鲁广军

(胜利油田东胜公司 勘探开发研究中心, 山东 东营 257000)

摘要: 孤南洼陷是济阳拗陷沾化凹陷的一个新生代次级洼陷。边界断层的活动差异性造成洼陷形态为典型的南超北断的箕状洼陷; 多次的构造运动形成了湖盆的多次抬升剥蚀和沉降。充填序列可以划分为4个构造层序; 沉积体系可划分出河流、扇三角洲、三角洲及湖泊体系等4种; 洼陷的沉积受同沉积构造活动及物源补给状况的控制。

关键词: 孤南洼陷; 层序; 沉积环境; 山东

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

1 洼陷充填背景

1.1 构造背景

孤南洼陷是济阳拗陷沾化凹陷的一个次级洼陷, 面积约为350km²。洼陷北侧边界发育孤南断层, 东侧边界发育孤东-垦东断裂带, 南部边界发育

垦利断层, 西部边界以马鞍状低凸起与垦利凸起相连(图1)。由于断裂活动的差异性, 造成洼陷形态为西高东低、南超北断。

孤南洼陷的沉积基底主要为中生界火山岩及碎屑岩系^[1], 仅在孤岛凸起一带为古生界碎屑岩、碳酸盐岩。自燕山运动后, 该区一直处于隆升剥蚀状

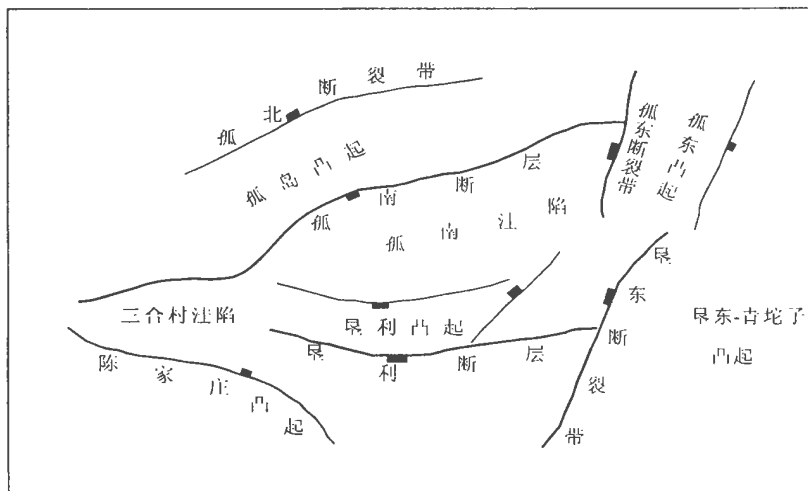


图1 孤南洼陷位置示意图

Fig. 1 Sketch to show the location of the Gunan sag

收稿日期: 2003-11-10

第一作者简介: 鲁广军, 工程师, 长期从事油气田勘探开发工作。

态,至新生代始新世,孤南洼陷东侧首先沉降,接受古近系孔店组沉积,随后抬升再次遭受剥蚀。而后再次沉降,接受沉积,发育古近系沙河街组四段。沙三段—沙二段沉积期,洼陷周边断裂系统开始强烈活动,对沉积起着显著控制作用。沙一段沉积期开始,孤南断裂及垦利断裂的活动趋于缓和。沙一段初期的沉积表现出一定的拗陷性质,孤南洼陷与周边洼陷一样,处于开阔的浅湖环境。新近纪开始,构造应力场发生转换,洼陷周缘的断裂已不再控制沉积,洼陷充填受区域拗陷构造背景所控制。

1.2 古地貌特征

孤南洼陷发育初期的地貌特征是在沙河街组四段沉积后张扭构造体制下的产物。孔店组和沙四段在孤南洼陷东部与孤岛凸起东部均有发育。沙三段沉积期开始,垦东断裂、孤南断裂、垦利断裂均强烈活动,形成了西南高北东低的箕状洼陷。

孤南洼陷北侧的孤岛凸起自沙三段一直存在到东营组期末,是洼陷充填的重要物源区。孤南断裂的持续活动,形成了洼陷北缘的陡坡地形,而洼陷东西两侧沉降的差异,则使孤南洼陷自西向东呈缓坡状地形。洼陷东侧的垦东—青坨子凸起及南侧的陈家庄凸起长期出露,也是洼陷充填的重要物源区。孤东—垦东断裂的强烈活动使孤南洼陷东缘形成陡坡。孤南洼陷周缘的地貌特征自沙三段沉积期至东营组期末一直影响着洼陷沉积体系的分布及其特征。

2 层序地层与体系域

2.1 层序地层

孤南洼陷充填过程中,经历了多次区域构造运动的影响。根据区域性构造事件及相应的不整合界面特征,可将其充填序列划分为4个构造层序(相当于2级层序),其中第Ⅲ、Ⅳ构造层序可进一步划分出4个三级层序(图2)。

构造层序代表在基本相同的构造机制下形成的成因上相关的一组层序,其顶底界面为区域性不整合面。该区的构造层序与古、新近纪4个构造幕相对应:第Ⅳ构造层序——新近纪拗陷幕;第Ⅲ构造层序——古近纪第Ⅱ断陷幕;第Ⅱ构造层序——古近纪第Ⅱ断陷幕;第Ⅰ构造层序——古近纪第Ⅰ断陷幕。

层序与构造幕内低级别构造活动背景下的充填

序列相对应,其顶底界面为盆地级不整合面或与其对应的整合面^[2]。该区古、新近系5个三级层序为:

(1)层序Ⅰ_A:孔店组,古近纪初始断陷,以小型湖泊发育为特征,分布较局限,沉积物仅在孤南洼陷东部分布;

(2)层序Ⅱ_A:沙四段,古近纪第二次断陷,强度较大,盆地大面积扩张,形成开阔湖盆;

(3)层序Ⅲ_A:沙三段—沙二段,古近纪第Ⅱ断陷幕的第一次断陷,强度显著增大,造成湖盆快速大面积扩展,在早期形成深水湖盆;

(4)层序Ⅲ_B:沙一段—东营组,古近纪第Ⅱ断陷幕的第二次强烈断陷,盆地再次大面积扩展,再次形成深水湖盆;

(5)层序Ⅳ:馆陶组,区域应力场由张扭转为压扭体制,表现为区域拗陷背景下的冲积充填。

2.2 体系域

陆相盆地充填层序的形成和演化主要控制因素为构造背景、沉积物供给以及气候条件,其中构造背景为关键因素。该区盆地充填经历了两种构造体制的控制,因而具在两种不同的层序样式,即张扭(或拉张)型层序和压扭(或挤压)型层序。与之相对应,其体系域类型也不相同。

张扭(或拉张)背景下,盆缘及盆内断裂活动活跃,盆地内充填物构造随幕式构造作用旋回发生有规律的变化。由于幕式构造作用方式表现为活动与间歇的相互交替,因此在盆地充填演化过程中,也可以划分出不同的体系域类型。在构造活动早期,盆地可容空间较小,主要充填粗碎屑沉积物,形成初始充填体系域(LST)。随着构造活动的加强,盆地加速沉降,可容空间迅速扩大,湖盆不断扩展,形成湖盆扩展体系域(EST)。当构造活动逐渐减弱并趋于停止时,盆地充填逐渐转变为过补偿,进积作用增强,湖盆逐渐淤浅,形成湖盆萎缩体系域(CST)。

孤南洼陷第Ⅰ_A层序(孔店组)、第Ⅱ_A层序(沙四段)以及第Ⅲ_A、Ⅲ_B层序(沙三段—沙二段、沙一段—至东营组)属张扭型层序,其中第Ⅰ_A层序和第Ⅱ_A层序包含了初始充填体系域(LST)、湖盆扩展体系域(EST)和湖盆萎缩体系域(CST),而第Ⅲ_A、Ⅲ_B层序则缺失初始充填体系域。第Ⅳ层序(馆陶组)属于压扭(或挤压)型层序,馆陶组下段为辫状河沉积,馆陶组上段为曲流河及其泛滥平原沉积,主要

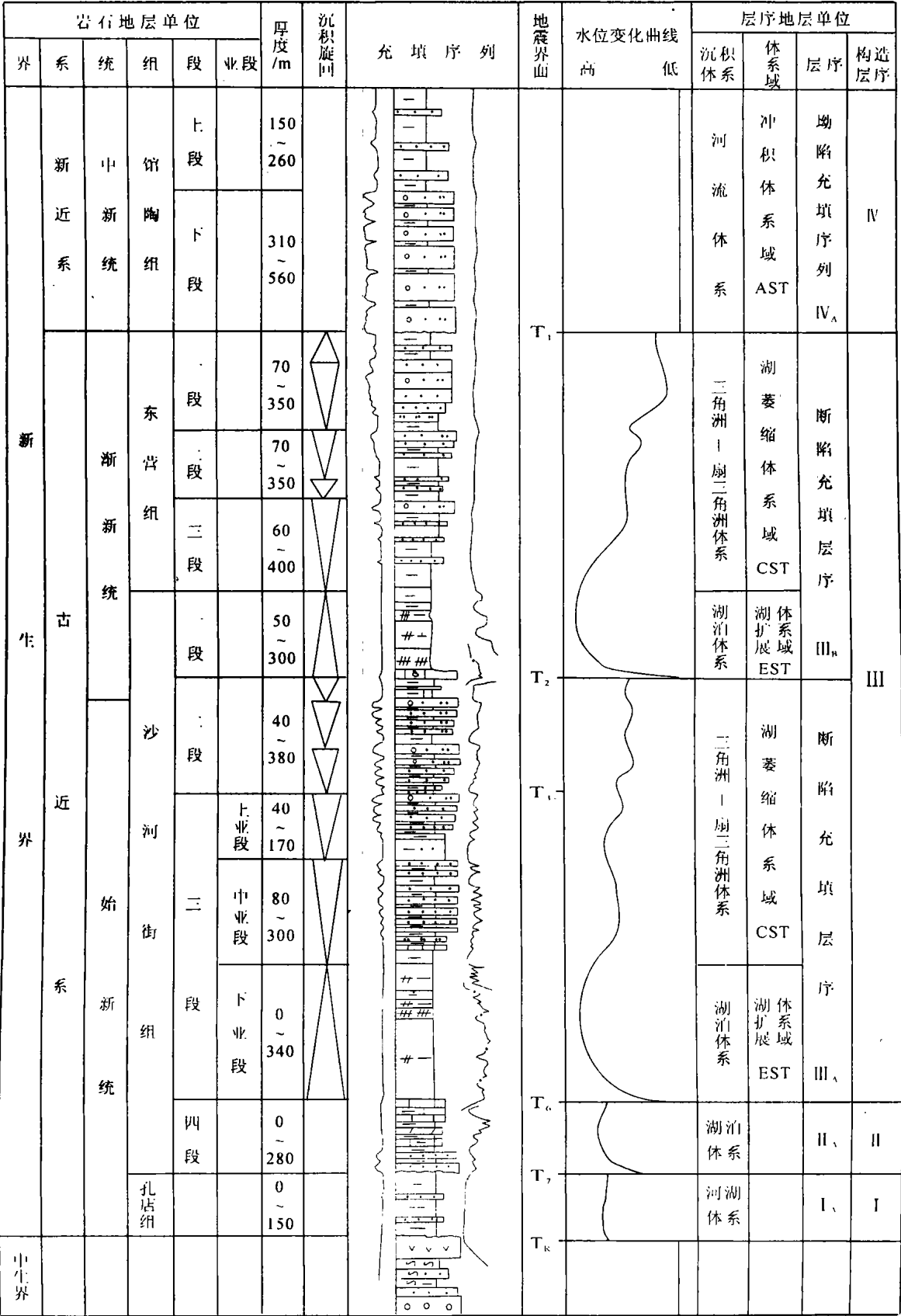


图 2 孤南洼陷古、新近系综合地层柱状图

Fig. 2 Generalized Paleogene-Neogene stratigraphic column through the Gunan sag

为冲积体系域(AST)。

3 沉积体系、沉积环境及演化

沉积古环境的恢复和重建实际上是确立沉积体系的空间配置关系,而沉积体系的空间配置是揭示沉积盆地充填演化特征的重要途径。

沉积体系空间配置关系的确立主要基于对各个方向的沉积断面图和含砂率图的编制,沉积特征的详细系统研究和洼陷充填背景以及物源补给情况的研究分析。

3.1 沉积体系

通过对研究区内钻井岩芯、录井资料、测井曲线以及地震资料的研究分析,识别出了孤南洼陷充填的4种沉积体系——河流体系、扇三角洲体系、三角洲体系及湖泊体系^[1]。

1. 河流体系

河流体系主要发育于新近系馆陶组,包括辫状河体系及曲流河体系两种类型。辫状河沉积体系主要由辫状河道、砂质坝、洪泛细粒沉积等成因相构成(图3);曲流河沉积体系主要由河道、天然堤及泛滥平原组成。

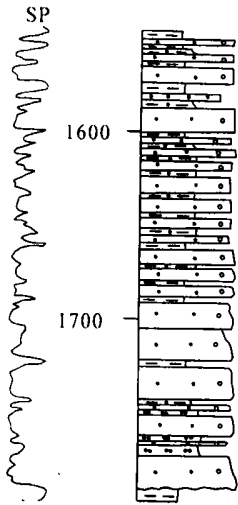


图3 垦91井馆陶组下段辫状河沉积序列

Fig.3 Vertical depositional sequence of the braided stream deposits from the lower member of the Guantao Formation in the Ken-91 well

2. 扇三角洲体系

扇三角洲是孤南洼陷沙河街组至东营组沉积期发育的主要沉积体系之一。从沉积特征、展布状态以及沉积古地形来看,该区扇三角洲可分为缓坡型

和陡坡型两种类型。

缓坡型扇三角洲发育于断陷活动相对较弱的盆缘一侧。该处盆地沉降缓慢,沉积物补偿速度与盆地沉降速度大体一致或大于盆地沉降速度,扇体开阔,向湖盆中心延伸远,出露水面的平原带宽广,水道沉积发育,泥石流沉积不发育。前缘带水下河道及河口坝发育,以水下水道进积为特征,沉积厚度一般较小。

陡坡型扇三角洲的形成主要受控于盆地沉降速度和物源供给程度。在活动盆缘断裂内侧,盆地沉降速度较大,并大于沉积物供给速率,扇体很快伸入水体,平原带较窄,平原水道以短水道为主,泥石流沉积较发育,以杂基含量高的砂砾岩、砾岩发育为特征。前缘带水下水道不发育,水下进积作用明显。

扇三角洲从组成上可分为扇三角洲平原和扇三角洲前缘。扇三角洲平原的相组合包括辫状河道、泥石流沉积、洪泛沉积及沼泽沉积等4种成因相类型。扇三角洲前缘是一个由正常湖泊沉积逐渐过渡来的向上变粗的充填序列,其底界以正常湖泊沉积的出现为划分依据,其相组合包括水下水道沉积、河口坝沉积、浅水重力流沉积等成因相。

3. 三角洲体系

三角洲体系主要发育于南缘陈家庄凸起一侧。从规模来看,基本上属于小型湖泊三角洲,表明从陈家庄凸起流入本区的河流规模较小。三角洲体系由三角洲平原、三角洲前缘及前三角洲构成。

三角洲平原主要发育分流河道沉积及分流河道间洪泛沉积两种成因相。三角洲前缘相组合主要由水下分流河道沉积、河口坝沉积及远端坝沉积等成因相组成。

4. 湖泊体系

湖泊体系发育于古近纪各沉积期。沙三下亚段沉积期与沙一段至东三段沉积期湖泊发育最广,沉积厚度最大,是该区两个深湖发育阶段,深湖泥岩沉积均达数百米。沙三中亚段至沙二段、东三段至东一段,基本上没有大套深湖泥岩沉积,显示在这些沉积期因周边粗碎屑物强烈进积,湖泊迅速淤浅,以滨浅湖沉积为主,深湖分布极为局限。

湖泊体系包括滨浅湖相及深湖相。滨浅湖指浪基面以上至最大洪水期之间的沉积,其包括滨湖及浅湖两种成因相。深湖相(图4)包括深湖细粒沉积和深水重力流沉积两种成因相。

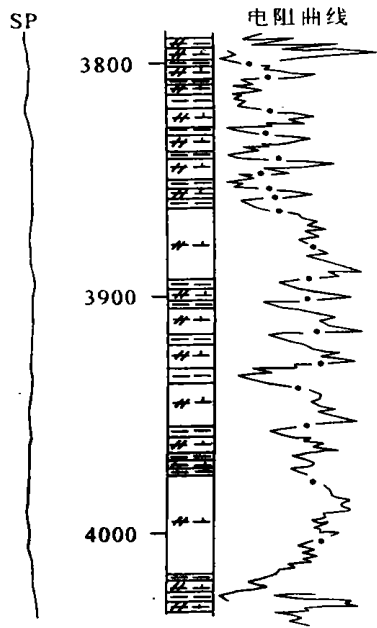


图 4 孤南 30 井沙三下亚段深湖沉积序列
Fig.4 Vertical depositional sequence of the deep-lake deposits from the lower submember of the third member of the Shahejie Formation in the Gunan-30 well

3.2 沉积环境特征及演化

1. 沉积环境特征

(1) 沙三下亚段(图 5) 是古近纪第 II 断陷幕的第一次湖扩展沉积。该沉积期孤南断裂东段活动强烈, 对沉积控制显著, 突出表现为孤南洼陷北东侧湖水较深, 向西南逐渐变浅。孤南断裂西段活动相对较弱, 但对沉积的控制也明显。

沙三下亚段的沉积特点是湖盆沉降快, 湖泊扩展迅速, 物源补给不充分, 属非补偿沉积。沉积物以泥岩为主, 富含钙质, 含砂率总体较低, 仅在盆缘区局部有高含砂带。沙三下亚段沉积期, 孤南洼陷沉积范围相对较小, 孤岛凸起东斜坡及垦利潜山一带仍未接受沉积, 为该时期该区重要的物源区。由于垦东断裂、孤南断裂强烈活动, 洼陷沉降速度较快, 物源补给相对较弱, 总体呈欠补偿沉积, 沉积体系以湖泊体系为主, 湖盆边缘发育扇三角洲体系。物源补给以点源为主, 扇体一般较小。沙三下亚段的泥岩是洼陷内主要的烃源岩。

(2) 沙三中亚段是在沙三下亚段湖迅速扩展后的沉积, 北缘的孤南断裂继续活动, 控制沉积。孤南洼陷北侧孤岛凸起在沙三中亚段沉积初期仍露于水面上, 中晚期后则逐渐被湖水淹没, 成为水下斜坡带。该期孤南洼陷沉积充填的物源区主要为孤岛凸起、垦东-青坨子凸起及陈家庄凸起。

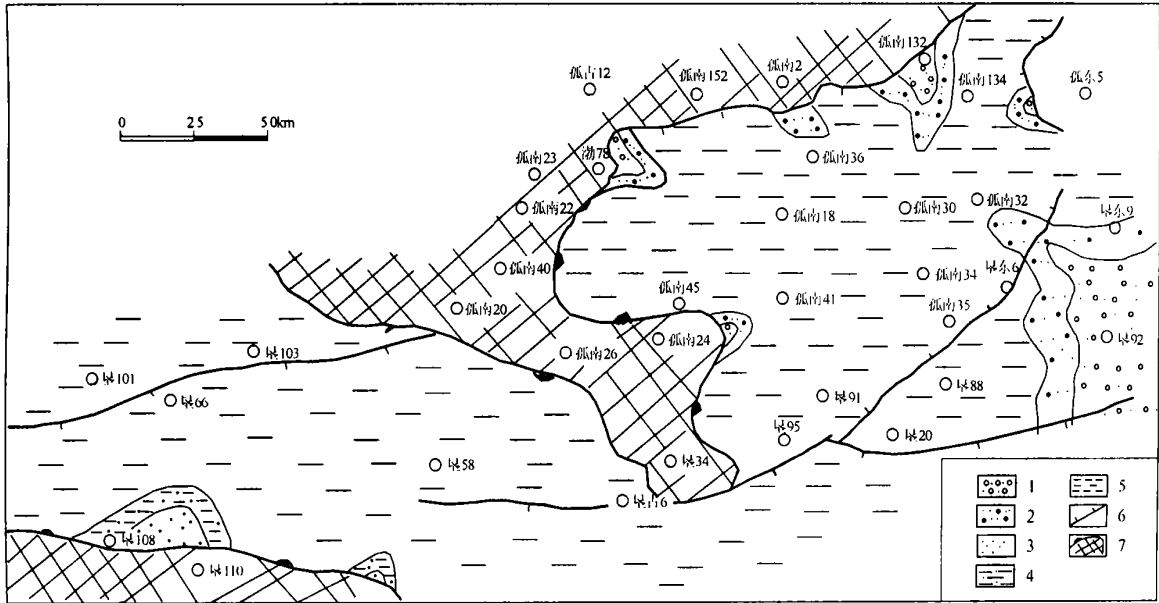


图 5 沙三下亚期沉积环境图

1. 扇三角洲平原; 2. 扇三角洲前缘; 3. 三角洲平原; 4. 三角洲前缘; 5. 湖泊; 6. 断层; 7. 剥蚀区

Fig.5 Sedimentary environments of the lower submember of the third member of the Shahejie Formation

1= fan-delta plain; 2= fan-delta front; 3= delta plain; 4= delta front; 5= lake; 6= fault; 7= erosional area

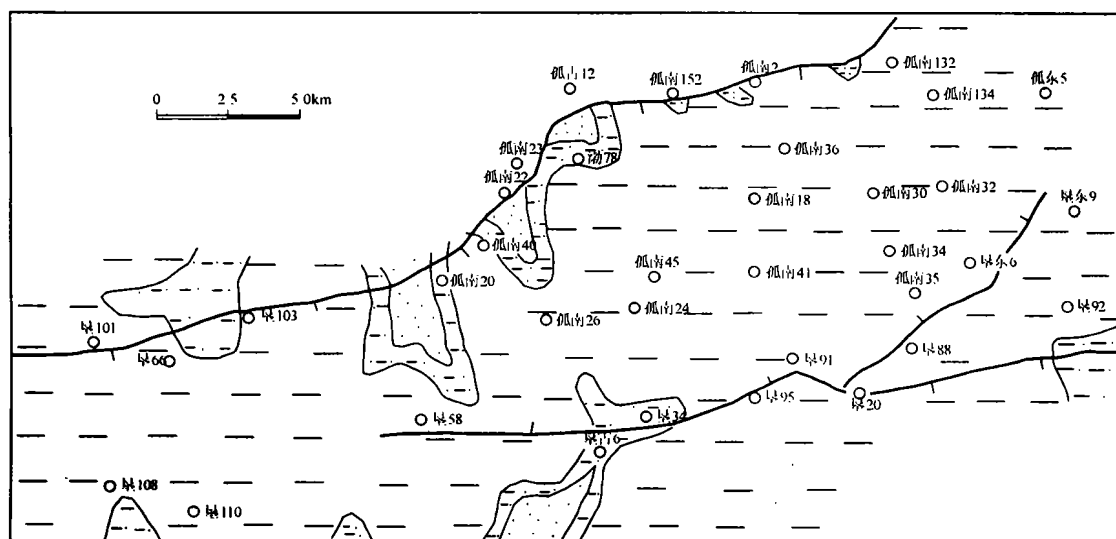


图 7 沙一亚期沉积环境图

(图例见图 5)

Fig. 7 Sedimentary environments of the first member of the Shahejie Formation (See Fig. 5 for the explanation of the symbols)

延续到沙二段沉积晚期, 孤南洼陷基本上都处于湖泊极度萎缩阶段, 湖泊范围局限且水浅, 各个方向的物源提供的物质在湖泊区相互穿插、叠置, 整个洼陷储集砂岩发育。

沙二段沉积后期孤南洼陷发生了一次规模较小的湖扩展, 造成洼陷中心湖相泥岩普遍发育。至沙二段沉积期末, 全区整体抬升, 遭受剥蚀。

(3) 沙一段沉积期, 该区经历了第Ⅱ构造幕的第二次湖扩展。初期构造沉降缓慢, 孤南断裂及垦利断裂基本上不控制沉积, 形成开阔的浅水湖盆。之后, 构造沉降加剧, 孤南断裂、垦东断裂、垦利断裂开始强烈活动, 控制沉积。湖泊迅速扩展, 形成较开阔的深水湖盆, 这次湖扩展比沙三下亚段沉积期的湖扩展范围更大, 持续时间更长, 从沙一段沉积初期一直延续到东营组沉积早期。至东营组沉积期末, 受东营运动的影响, 该区开始抬升, 遭受风化剥蚀。自此, 该区的断陷活动结束, 从馆陶组沉积期开始, 进入幕式拗陷作用阶段。

(4) 在区域拗陷构造背景下, 馆陶组下段沉积期, 该区进入填平补齐阶段。洼陷周边残留的山体提供物源, 形成山前冲积平原, 辫状河广泛发育。随着山体被剥蚀殆尽, 这种辫状河体系随即消失, 继而

演化成区域大型河流体系的一部分。这种转化造成了馆陶组上、下两段沉积特征的显著差异。在馆陶组上段沉积期, 该区的沉积环境是大型泛滥平原(盆地), 属曲流河体系的一部分, 这表明该区的沉积演化不再具有个性特征。

综上所述, 该区古、新近纪的充填演化经历了初始充填—湖扩展—湖萎缩(沙四段)—沉积间断—湖扩展—湖萎缩(沙三段—沙二段)—沉积间断—湖扩展—湖萎缩(沙一段—东营组)—沉积间断—冲积体系(馆陶组)的发展演化过程, 各阶段的充填特征受同沉积构造活动及物源补给状况的控制(图 8)。

致谢: 编写过程中, 得到了中国地质大学(武汉)程守田教授和成都地质矿产研究所丘东洲研究员的指导。

参考文献:

- [1] 王秉海, 钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践[M]. 东营: 石油大学出版社, 1992.
- [2] 徐怀大. 层序地层学理论用于我国断陷盆地分析中的问题[J]. 石油与天然气地质, 1991, 55(4): 52—57.
- [3] 陈建渝, 牛瑞卿. 济阳拗陷孤南洼陷低熟油成藏特征[J]. 地球科学, 2000, 27(4): 435—439.

