

文章编号: 1006-6616(2003)02-0113-09

# 东营凹陷中央隆起带构造特征、 沙箱模拟与形成机制研究

云金表<sup>1</sup>, 赵利华<sup>2</sup>,

(1. 石油大学盆地与油藏中心, 教育部油气成藏重点实验室, 北京 102249;

2. 大庆石油学院, 大庆 151400)

**摘要:** 东营凹陷中央隆起带是渤海盆地济阳拗陷东营凹陷中油气最富集的区域。该构造带走向近东西, 为北陡南缓两翼不对称的隆起带, 上部发育“塌陷式”地堑断裂系统。由于构造受北缘断层控制, 具有同沉积与逆牵引(reverse drag)特点, 故勘探早期将其认为滚动背斜。20世纪80年代以来, 由于钻井揭露与地球物理勘探资料的增多, 研究者普遍认为是盐泥底辟构造。本次工作, 是在进行详细的地震、地质解释基础上, 结合前人研究成果与假设, 运用沙箱实验验证方法探讨了构造带成因。通过实验与地质、地球物理的综合研究认为, 东营凹陷中央隆起构造带是区域张扭力与重力联合导致的伸展—底辟作用的产物; 盐泥底辟物质的形态、底辟与伸展作用的强度控制了局部构造的形态与断裂构造的发育程度。

**关键词:** 东营凹陷; 中央隆起构造带; 底辟; 伸展; 沙箱实验

中图分类号: P548

文献标识码: A

## 0 前言

东营凹陷中央隆起带位于东营凹陷中部, 属渤海盆地济阳拗陷东营凹陷, 为3级构造带。它也是济阳拗陷中油气最富集的区域。该构造带走向近EW, 与东营凹陷轴向平行, 地层倾角北陡南缓, 为不对称的隆起带; 沿其走向构造带宽窄不一, 东窄西宽, 最宽可达10km。中央隆起带断裂复杂, 不仅南、北两侧受断层的控制, 在隆起构造带上也发育一系列断层, 且以近EW向断层为主, 与褶皱轴向平行, 是一个断裂复杂化的背斜带。构造带由辛镇、东营、郝家、现河庄4个背斜构造组成。该构造带构造发育较完整, 在平面上沿主断层下降盘构造线呈穹窿状背斜或短轴背斜, 在剖面上主断层与褶皱伴生的低序次断层通常呈“y”字型断裂组合, 具有受大断裂控制形成逆牵引构造<sup>[1]</sup>和底辟作用<sup>[2]</sup>双重成因的性质。

东营凹陷主要发育古近—新近系, 地层一般厚度4000m以上, 凹陷最深部位可达7000m以上。地层岩性以砂、泥岩为主, 夹少量化学岩, 自下而上分为孔店组、沙河街组、东营组、馆陶组和明化镇组。据钻探与反射地震揭示, 中央构造带孔店—沙四段塑性盐泥层最

厚、上拱最强烈,塑性岩层呈脊状或圆丘状,构成各表层构造的核部,岩脊最高部位在现河庄构造,由地震剖面推断塑性层厚度可达 3000m,岩脊隆起幅度达 1000m。区域上塑性岩脊走向呈左行雁行排列。基于上述地质特征,提出了底辟构造成因理论<sup>[2]</sup>。本文是在解释、分析本区地质—地球物理资料基础上,针对上述假设,设计了相应的沙箱实验。经实验证实中央隆起带是伸展逆牵引和底辟作用共同作用的产物。

## 1 东营凹陷中央隆起带构造特征及其发育史

中央隆起带自东向西由辛镇、东营、现河庄、郝家 4 个背斜构造组成(图 1),其构造特征与发育史如下。

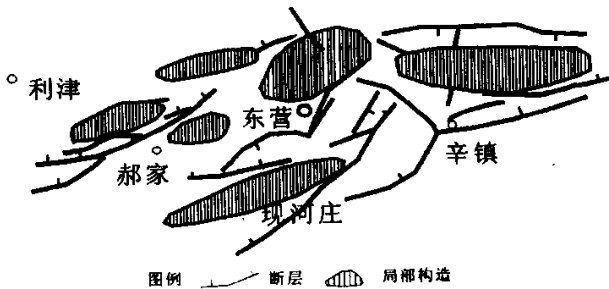


图 1 东营凹陷中央隆起带局部构造分布图

Fig.1 Positive local structures of middle uplift belts in Dongying sag

### 1.1 辛镇构造及其发育史

辛镇构造位于中央隆起带东部,是一个轴向近 EW 不对称的狭长背斜,南翼倾角  $10^\circ$ ,北翼倾角可达  $25^\circ \sim 30^\circ$ 。地震反射剖面上(图 2),辛镇构造底部为低缓的背斜,向上背斜隆起幅度逐渐加大,地层厚度自南向北,向着主断层下降盘明显增厚,表现出同沉积性质<sup>[3]</sup>。如东营组和沙一段地层总厚度在南翼的辛 14 井为 256m,至北翼主断层下降盘附近辛 3 井厚达 598.5m,增厚 2.53 倍。其次,构造底部普遍发育一个上拱脊状杂乱反射体,表现出底辟特点<sup>[4]</sup>。

辛镇背斜顶部被一组轴向平行密集发育的“塌陷式”地堑断裂所切割,并由于 NE、NW 两组小断裂的交叉,将整个背斜 T2 层切割成 100 多个小断块,向下断层数量逐渐减少。背斜构造主要由北翼的营 8 断层控制。由两侧地层发育特征分析,营 8 断层是沙河街组—东营组沉积期间活动的同沉积断层,到馆陶组沉积时期仍有活动。在 T6 层(沙三段油页岩反射)该断层落差达 700 多米,水平断距 1000 多米。营 8 断层具有明显的犁式结构<sup>[5]</sup>,断层倾角自上部 T2 层(沙一段下部的生物灰岩、白云岩反射)的  $60^\circ$  向下至 T4 (大约为沙二段底)变为  $35^\circ$ ,最缓可达  $17^\circ$ ,最终消失于沙四段,其下为丘状杂乱反射,推测为盐泥物质。

构造发育史分析表明(图 3),沙二段上部地层沉积前构造雏形出现,即构造部位出现次级同向正断层和一个小幅度的背斜构造。沙一段—东营组沉积时期构造基本定型,此时不仅断层数量明显增加,而且构造轮廓逐渐清晰,接近目前形态。直到明化镇组沉积末“包心菜式”地堑完成,标志着构造形态完全定型。

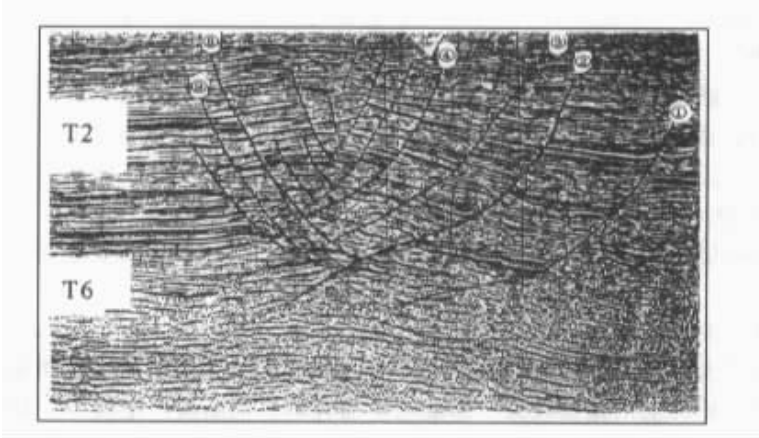


图 2 辛镇构造地震反射特征 (366.0 测线)

Fig.2 Seismic reflection profile of XINZHEN structure (XINL 366. 0)

综合上述构造形态、地层厚度变化和构造发育史，可以认为辛镇构造是一个具有主断层下降盘逆牵引性质的背斜构造，同时中部伴随有底辟上拱作用，以至顶部塌陷，故辛镇构造是一个伸展逆牵引与底辟作用联合作用的产物<sup>[6,7]</sup>。

### 1.2 东营构造

东营构造位于中央隆起带中部，北缘被营 8 断层所限。东营构造构造形态与辛镇构造有明显差异，约为半径 3.5km、隆起幅度达 200m (T2) 的穹窿形构造，翼部倾角 5°~8°。构造顶薄翼厚，具有同沉积性质。由地震—钻井资料分析，东营构造底部缺失沙四段顶部灰岩沙三段直接盖在塑性层之上，沙四段—孔店组底辟体为球状体。

东营构造顶部断裂平面上呈放射状地堑系，也是区域 NW、NE 和近 EW 向 3 组断裂的交汇点。构造南北两翼分别有两条 NWW—EW 向地堑式断层切过。南翼的一号断层在 T2 层落差 250m，水平断距最大达 450m，同层北翼营 8 断层落差与水平断距分别为 210m 和 320m，落差上大下小，至沙一段以下落差增加不明显。营 8 断层断面上陡下缓，由 T2-T6 断层倾角由 60°变至 30°。组成地堑的断层皆为同生断层，生长指数为 1.2~1.5 (T1-T6)，在东二段、东三段沉积时期生长指数最大。除近

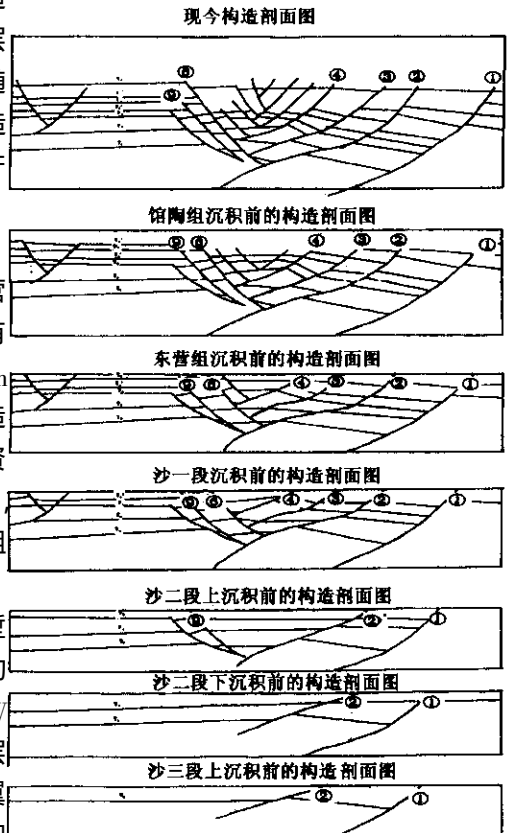


图 3 辛镇地区 366.0 测线构造发育史图  
Fig.3 Section of XINZHEN (XINL 366.0) major tectonic evolution phase

EW 向两条主断层之外还发育了一些小断层, 在馆陶组沉积前最发育。

### 1.3 郝现构造

郝现构造(郝家与现河构造的合称)位于中央隆起带的西南部, 为一个低隆起的背斜, 上部地层被断裂复杂化, 但比前两个构造断层数量较少。背斜被两条平面上延伸长度较长的断层夹持, 主断裂与次一级断裂面皆为北倾, 仅在轴部出现一条反向断层。主断裂上部较陡, 最大倾角达  $70^\circ$ 、越往下越缓, 最小倾角  $16^\circ$ , T2 层最大落差 300 米, 水平断距 900 多米。两条主控断层向下延伸 T6 层底部于塑性层中消失。另外一个特点是该构造逆牵引特点不明显。

由构造剖面发育史分析, 郝现构造雏形阶段开始于沙三段上地层沉积时期, 此时河 68 断层断距明显增大, 垂直断距近 175m, 水平断距 300 多米, 构造幅度也明显增加。沙二上段沉积过程中, 地层上拱幅度较大, 形成明显的背斜, 但断层产生较少, 是构造的成型阶段。到明化镇组沉积之前, 塑性层一直继续上拱, 它是构造的定型时期。

### 1.4 中央隆起带发育的共性与差异性分析

分析东营凹陷中央隆起带各构造特征及其发育史, 有如下特点(表 1): (1) 塑性层仅上拱, 未刺穿, 形成隐刺穿构造。上拱作用力有两种, 一是造成主断裂的生长, 并在下降盘形成逆牵引构造; 二是在背斜轴部上拱, 加剧背斜上隆的幅度。同时导致顶部张裂、塌陷, 形成具有同生性质的“包心菜”地堑断裂系。(2) 东营凹陷中央隆起带普遍存在沙四段—孔店组膏盐、软泥等塑性地层的上拱作用, 延伸方向与区域走向平行。但上拱的岩脊形态不同, 辛镇构造为长脊状, 郝现构造与东营构造为穹窿形。(3) 构造幅度与断裂发育具有正相关关系。东营构造和郝现构造隆起幅度最大, 但郝现构造构造范围大, 相对东营构造来说隆起强度较小, 其断层数较少, 主断层落差也较小; 辛镇构造隆起幅度最小、构造范围很小, 但其断层数较多, 主断层落差也较大。(4) 就构造发育史而言, 沙二段地层沉积及其以前构造带仅出现了雏形, 其主要发展阶段为沙一段—东营组沉积时期。就断裂发育而言, 辛镇构造开始断裂比郝现构造晚, 但辛镇地区断裂活动从沙三段地层沉积开始到馆陶组沉积前一直很强烈, 相反郝现构造主控断层尽管在沙三段地层沉积时已开始活动, 然而沙一段—东营组沉积时期塑性上拱后, 后期构造活动相对较弱。东营构造的断裂发育介于上述两者之间。

表 1 中央隆起带构造特征对比表

Table 1 Contrast and properties of positive local structures in middle uplift belt

构造名称	塑性层拱起幅度 (m)	主断层落差 (m)	构造范围 (km <sup>2</sup> )	断层条数 (条)	单位面积断层数 (条/km <sup>2</sup> )
东营构造	1000	500	100	91	1
郝现构造	900	100	180	57	0.3
辛镇构造	500	500	60	113	2

## 2 构造带沙箱模拟实验

### 2.1 模拟装置设计

通过穿越东营凹陷中央隆起带地震剖面、区域地质资料以及前人研究成果分析<sup>[1,2]</sup>, 中央隆起带具有滚动背斜与底辟构造的双重性, 且各段发育具有一定差异。为此模型设计主要体现了既能模拟底辟作用, 又能模拟滚动构造过程, 同时可模拟二者的联合作用。

模拟实验装置采用了 50mm 厚的高强度有机玻璃材料。模型尺寸为:  $800 \times 360 \times 500$  (单

位：mm)，装置侧面有 100mm 的可滑动范围，外端由外侧板固定。底辟力采用了橡胶球（直径 34mm），将其与高压接头连接，固定在装置底板的中部，通过注水施加底辟力。实验材料为砂质层和泥质层。实验的伸展作用由弹簧—螺栓调节。

## 2.2 沙箱实验及其实验结果分析

本次进行了底辟、底辟—有限伸展和底辟—无限伸展 3 种类型实验。实验岩层包括单层、双层，一直到五层。两层以上实验可分为一次性和逐层式（生长式）等方式。实验是在橡胶球有一半水的基础上开始的。实验装置如图 4 所示。

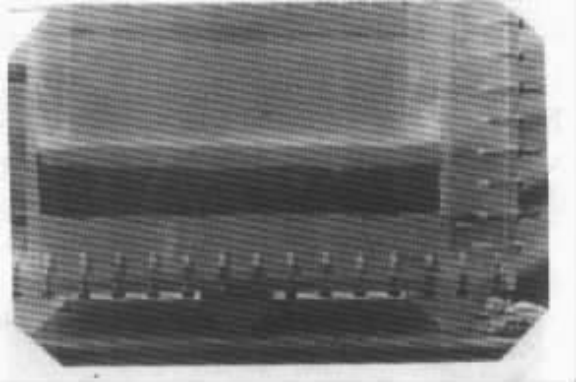


图 4 实验装置照片

Fig.4 Experiment device

### 2.2.1 底辟构造模拟实验结果

①注水水量在 50% ~ 70%（球体体积的百分比）时，顶面出现放射性裂缝（图 5（1））；②继续注水，当水量大于 70%，顶面放射性裂缝外侧出现环形断裂（图 5（2））；③剖面上裂缝较陡，也具放射状；④连续加载，生长式连续加层，顶部环形断裂顶层比多层一次加载实验出现较快。

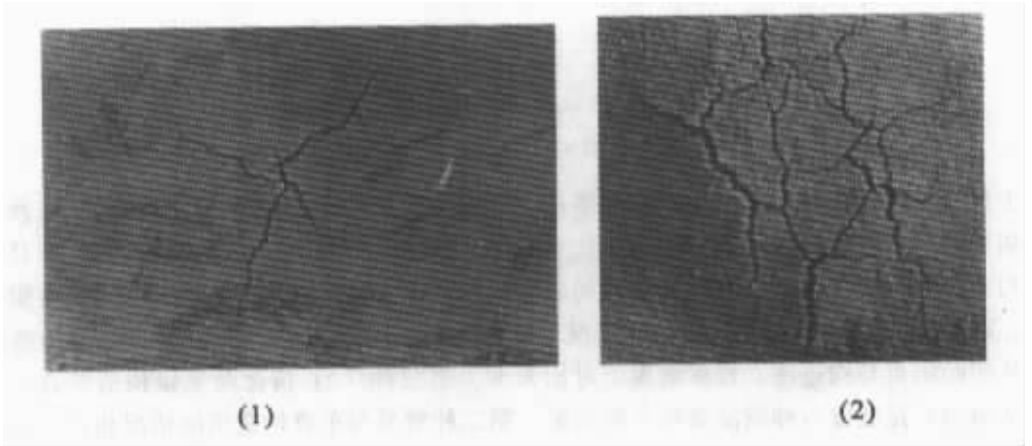


图 5 底辟构造实验平面裂缝变化照片

Fig.5 Plane photograph of fractures of diapir experiment

### 2.2.2 底辟—有限伸展模拟结果

①注水量为 50% ~ 75% 时，首先顶面出现横向主裂缝，其侧向出现一些斜交次级裂缝，且主裂缝尾部最发育；②注水量大于 75% 后，顶面出现放射性裂缝；③上部加层，继续加力，顶面放射性裂缝联合，形成环形裂缝；④剖面上裂缝较陡。

### 2.2.3 底辟—单向无限伸展模拟结果

（1）侧向不固定的模拟结果 侧向上没有钢架约束；施力过程中，首先为轴向有限伸展，至剖面断裂出现后，一侧固定，另一侧不固定；地层平坦，球体有一半水，后期砂、泥层在隆起上覆盖，顶平。具体特征：①注水量为 50% ~ 60% 时，首先在顶面上出现短轴方向主裂缝；②注水量在 60% ~ 65% 时，顶面出现沿长轴方向裂缝；③注水量 65% ~ 75% 时，

剖面出现自下而上的裂缝，主要出现在球体两侧。中部主裂缝向下延伸并出现反向裂缝，剖面上出现“y”断裂组合；④注水量大于75%时，裂缝继续发育，相对较陡。

(2) 侧向固定的模拟结果 除侧向固定外，其它条件与上一种情况一致。此外，在实验最后阶段将活动弹簧彻底打开，保证最大伸展。实验结果：①注量在50%~60%时，首先在顶部出现短轴方向裂缝；②继续注水，约为60%~70%时，主裂缝加长、加宽，剖面上形似正断层；③继续注水，达70%~75%时，顶面正断层加宽、联合，出现反向正断层，下部球体两侧出现正断层，由下向上延伸，下降盘出现反向正断层(图6(1))；④注水量大于75%后，并将一侧固定放开，主裂缝向下延伸变为缓断层，并且砂层顶部滑脱，此时反向断层出现两条，模型顶部出现“塌陷式”断裂(图6(2))。

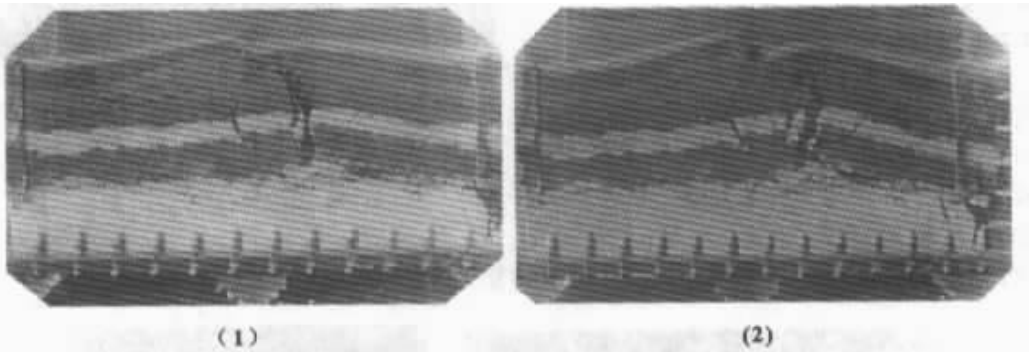


图6 底辟-伸展模拟“塌陷式”断裂照片

Fig.6 Section photograph of sink fracture system of diapir-extension unite experiment

上述各类实验模拟了本区不同地质条件下的构造形成过程。首先，含水球囊代表沙四段-孔店组塑性层，逐渐加力与逐渐加层代表了同沉积过程，因此实验与实际构造过程具有相似性与可比性。其中第一种情况为纯粹的底辟构造过程；第二种情况为底辟与平面有限伸展过程，底辟作用占较大比重；第三种情况为底辟与侧向伸展过程，是底辟与滚动构造的联合。从实验结果与构造图、地震剖面图对比来看，第三种(2)情况与辛镇构造符合，由此表明辛镇构造是底辟与伸展滚动联合的结果。第二种情况与东营构造实际情况相似，说明它们的形成底辟作用的比重大。郝现构造则是第一种与第二种情况的过渡类型。

### 3 东营凹陷中央构造带形成机制分析

#### 3.1 东营凹陷底辟构造发育的证据与条件

如前所述<sup>[8]</sup>，研究区孔店组上部、沙四段地层普遍发育巨厚的盐岩、石膏、软泥岩等塑性岩层，如辛镇构造北侧的东风1井钻遇盐岩、石膏、软泥岩厚达1000m以上。然而，尽管塑性岩层顶面起伏很大，但表现为隐刺穿特点。如坨50井塑性层埋藏深度为2781.5m，相同层位的东风2井塑性岩层埋藏深度为3768m。根据地震时间剖面推断，塑性层底板埋藏深度约为7000m左右，凹陷中心底板坡度 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 或近水平，南、北部坡度较陡，分别为 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 和 $10^{\circ}$ 左右。塑性层由于发生过流动，原始层理遭受强烈挠动，因此剖面上表现出反射界面杂乱、不连续，形态杂乱的波组与成层完好的上、下沉积岩系之间分界清晰的特点，这种

现象在东营—现河庄构造时间剖面上十分清晰。根据东营构造深探井地层对比，也发现构造顶部沙四段下部盐、膏层顶部之上缺失沙三下和沙四上两段地层，缺失厚度约为 250m，它正是岩层被刺穿的初期表现，相当于墨西哥湾石油地质学家所称的“吊桥构造”<sup>[9]</sup>。

基底和盖层构造不符合是该区构造的另一特征。就沉降格局发育看，沙四段沉积终止时，盆地构造基本上保持了原基底的面貌；沙三段沉积时，凹陷中部明显上隆，形成一些孤立的小隆起小凹陷，利津、六户一带开始下沉，中央隆起带出现雏型；沙二段沉积时期坨庄—胜利村一带进一步隆起，东商村地区剧烈下陷，至此东营凹陷发展成为一个多凹多凸的复杂盆地。

### 3.2 东营凹陷中央隆起带形成机制的讨论

**3.2.1 地层条件** 东营凹陷地层—沉积条件有利于底辟构造的发育。东营凹陷地层可明显分为 3 套力学性质不同的岩系，下部中生界基底与表层古近系沙三段—第四系沉积盖层为刚性层，中间夹着一套由盐、膏、泥岩组成的沙四段—孔店组塑性层。3 套层系受力形变特征是不同的，其中塑性层的变形是控制底辟构造形成的主要因素。盐岩、石膏是否具有塑性，决定是否达到了它的软化点，也即决定于它的埋藏深度。据博歇特和纓尔的研究<sup>[2]</sup>，“在深度 2500~3000m 之间，温度约为 100℃，压力在 600kg/cm<sup>2</sup> 以上，盐才能达到塑性，埋藏深度愈增加，盐的流动性还会更大”。

泥岩塑性的产生主要是由于泥岩成岩（压实作用）过程中异常流体孔隙压力的出现造成的。泥岩的成岩过程也就是排出孔隙水而压实的过程，在沉降和沉积速度很快的条件下，泥岩中的孔隙水来不及大量排出而被封闭在泥岩孔隙中，这时孔隙中的流体压力太大超过了正常的静水压力，即出现所谓异常的孔隙流体压力。泥岩的塑性程度由  $\lambda$ （压力系数）衡量，其值介于 0.46~1 之间， $\lambda$  等于 0.46 时，孔隙流体压力等于静水压力，压实作用达到平衡。而当孔隙流体压力大于静水压力时，即出现异常孔隙流体压力。据前人对东营凹陷沙四段、沙三段部分软泥岩层段  $\lambda$  值的计算<sup>[2]</sup>，沙四段泥岩  $\lambda$  值在 0.76~0.81 之间，沙三段中、下部的泥岩  $\lambda$  值在 0.68 左右。由此表明，沙三段、沙四段岩层中某些泥岩层段，至今仍保持着较高的塑性。

东营凹陷钻井揭示的塑性层分布 4500m 以上，5000~7000m 深层的塑性层的主体岩性尚未揭示。与墨西哥湾典型盐丘发育区盐岩、石膏的流动刺穿能力相比，流动性明显较弱。墨西哥湾地区 300m 厚的盐岩在上覆盖层厚达 1000m 时即可发生流动，其流动速度一般为 0.3mm/年，刺穿高度可达 1000~2000km<sup>[2,9]</sup>。东营凹陷的塑性层埋藏深度在 4500m 以上，厚度达 2000~3000m，但所形成的塑性岩脊最高仅在 1000m 以下，因此它不应为盐底辟构造，属泥丘底辟的可能性更大。

**3.2.2 构造条件** 东营凹陷的构造样式与发育过程也有利于底辟构造的形成。东营凹陷是一个北陡南缓的箕状断陷，构造沉降显著不均匀<sup>[10~12]</sup>。上覆层的负荷和泥岩自重促使含水软泥岩带动负载层一起沿沉积底面向凹陷中心作区域性迁移，随着盖层厚度不断增加，负载层的压力差增大，促使塑性层向盆地中心进一步集中并拱起。特别是进入沙二段沉积后，由于沉积速度快，负载层的厚度进一步增大，盐岩和石膏层阻碍着沙四段泥岩的压实成岩，从而形成了具有高异常流体压力的塑性泥岩层。自沙四段末期开始，由于塑性岩承压的不均衡，随着凹陷北部和中部中生界基底断裂的继续活动，上覆沉积地层加厚，促使塑性层上拱。在塑性层上拱的影响下，边界次级断层产生，并发生滑脱伸展，在断裂的下降盘开始出现辛镇“逆牵引”构造，并逐渐加剧。与此同时，沿北部陡坡带形成低隆起塑性岩枕带各构

造及其伴随的边缘向斜带。直至今近纪东营组沉积末期,构造基本定型。后期仅有微弱的隆起和断裂活动,可延续到新近纪馆陶组和明化镇组沉积末。

从区域资料分析,塑性岩枕带和中部岩脊带的分布具有雁行排列形式,表明平面上明显受着水平扭应力的影响,底辟构造形成机制的分析着重强调了重力负荷的垂向运动。事实上,东营凹陷是渤海湾帚状构造体系中负向构造单元的一个组成部分<sup>[1]</sup>,凹陷内基底断裂除发育南、北缘的边界断层外,在中央隆起带部位也发育一条与之平行的基底大断裂。这3条左行扭性断裂控制着区域构造的基本格架。表层构造、塑性岩脊及其伴随的地堑断裂系的走向与基底断裂的走向呈“入”字型雁行排列,明显呈现出内旋层(凹陷区)做顺时针方向运动(撒开方向),外旋层(隆起区)做逆时针方向运动(收敛方向),为张扭性帚状构造。基于上述认识,东营凹陷中央隆起构造带应当是重力和水平应力联合导致的底辟与伸展作用的结果<sup>[13]</sup>。

## 4 结论

通过钻井地质资料与地震剖面分析,结合沙箱实验结果,有如下认识:

(1) 构造特征及其发育史分析表明,东营中央隆起带东营-辛镇构造是底辟与滚动联合的产物,以西郝现构造主要为底辟产物。构造带是在沙二段下地层沉积以后,构造的雏形出现;在沙一段至东营组沉积过程中构造形态基本定型,东段于馆陶组-明化镇组沉积时期构造才最终完成。

(2) 东营凹陷主要构造的成因,首先与底辟构造有关的,为低幅度隆起或隐刺穿构造。底辟物质由软泥岩和盐、膏两种不同性质的塑性层联合组成,而以软泥岩为底辟物质的主体。其次,东营、辛镇背斜发育受北缘断层控制,具有逆牵引滚动背斜的特点,同时形成了由“y”字型断层组成的“塌陷式”地堑断裂系,表明它是底辟与伸展作用的产物;而郝现构造主要是在断层右性张扭作用下形成的底辟构造。由此可见,底辟与伸展作用的不同优势控制了构造的形态,底辟作用是构造带形成的主动力,东营-辛镇构造北侧断层下滑、地层回倾也是构造形成的重要因素,可见构造带的形成在不同地段具有不同的制约因素,沙箱实验已证实了这一点。

(3) 构成底辟构造核部的塑性岩体呈脊状或枕状,呈雁行式排列,组成3个强度不同的NEE向底辟构造带,明显受基底断裂走向及其扭动的控制。在区域上,塑性层上拱的强度和幅度不同,因而底辟构造的形态不同,顶部的地堑断裂系形式与复杂程度也不同。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 胜利油田石油地质志编写组. 中国石油地质卷(卷六)[M]. 北京:石油工业出版社,1993.
- [ 2 ] 王燮培,费琪,张家华编著. 油气勘探构造分析[M]. 北京:中国地质大学出版社,1991.
- [ 3 ] R. W. Schlishe, Geometry and origin of fault-related folds in extensional settings [J]. AAPG, 1995 (79), 11: 1661 ~ 1678.
- [ 4 ] T. P. Harding, Graben hydrocarbon occurrences and structural style [J]. AAPG, 1984 (68) 3: 333 ~ 362.
- [ 5 ] G. S. Lister, A. Etheridge, P. A. Symonds, Detachment faulting and the evolution of passive continental margins [J]. Geology, 1986, 14: 246 ~ 250.
- [ 6 ] W. F. Dula, Geometric Models of listric normal faults and roller folds [J]. AAPG, 1991 (75): 1609 ~ 1625.



- [ 7 ] A. D Gibbs , Structural evolution of extensional basin margins [ J]. Geol. Soci. Jour. , London ( 141 ) : 609 ~ 620.
- [ 8 ] 杜贤槌, 孙焕泉, 郑和荣主编. 胜利油田勘探开发论文集 ( 第二辑 ) [ C]. 北京 : 地质出版社, 1999.
- [ 9 ] Ge H. and M. P. A Jackson , Physical modeling of structures formed by salt withdrawal : Implication for deformation caused by salt dissolution [ J]. AAPG , Bulletin , 1998 , 82 ( 2 ) : 228 ~ 250.
- [ 10 ] 陆克政, 漆家福. 渤海湾新生代含油气盆地构造模式 [ M]. 北京 : 地质出版社, 1997.
- [ 11 ] 安作相, 马纪. 断裂与渤海湾盆地形成和油气的关系 [ J]. 油气地质与采收率, 2001 , 8 ( 1 ) : 18 ~ 23.
- [ 12 ] 戴俊生, 陆克正, 漆家福, 陈书平. 渤海湾盆地早第三纪构造样式的演化 [ J]. 石油大学学报 ( 自然版 ), 1998 , 19 ( 4 ) : 16 ~ 22.
- [ 13 ] 迟英柳, 赵文智. 渤海湾盆地新生代走滑构造与油气聚集 [ J]. 石油学报, 2000 , 21 ( 2 ) : 14 ~ 20.

## RESEARCH ON MOLDING , STRUCTURAL FEATURE AND FORMATION MECHANISM OF THE CENTRAL UPLIFT BELT IN DONGYING DEPRESSION , JIYANG

YUN Jin-biao<sup>1</sup> , ZHAO Li-hua<sup>2</sup>

( 1. Basin and reservoir research center , education ministry key laboratory for hydrocarbon accumulation mechanism of petroleum university of China , Beijing 102249 ; 2. Daqing petroleum institute , Daqing , heilongjiang province 151400 , China )

**Abstract** : The central uplift belt is an oil/gas enrichment zone in the Dongying depression of jiyang geotectogene. It trends nearly E - W and is a dissymmetrical anticline belt with steep dip angle in the north limb and gentle in the south. A rift-fault system of cabbage style develops on the uplift belt. Because of the characteristics of synsedimentary and reverse drag controlled by the north boundary fault. It was considered as a roll anticline belt in the early exploration time. Due to the accumulation of geological and geophysical data , most of the following investigators have argued the origin of salt-mud diapir structure since 80's. Based on detailed studying of seismic and geological data and comparing to previous research results , a sand-box experiment is designed and carried through in this work to search the cause of the central uplift belt. By all the results above , we conclude that the Dongying central uplift belt was formed by extension-diapirism lead by regional tenso-shear stress and gravity , and the shape of the local anticlines and the character of the fault system are controlled by the shape of the salt-mud diapir and the intensity of extension and diapirism.

**Key words** : dongying depression ; center uplift structure belt ; diapir ; extension ; sand-box experiment