

# 东明凹陷早第三纪沉积环境与油气

陈晓东 郭友

(地质矿产部华北石油地质局)

东明凹陷是华北拗陷区南端的一个新生代沉积盆地，呈北北东向，北窄南宽，面积5000平方公里。凹陷为一早第三纪发育的地堑型断陷盆地。东侧以聊兰断层为界，西侧以长垣断层为界，北与临清地区的莘县凹陷毗连，南隔胙城—兰考凸起与中牟凹陷时有相通。具有东部次凹带、西部次凹带、中央隆起带的“两凹一隆”构造格局。中原油田即位于凹陷的北部。

## 一、沉积旋回与沉积相分类

东明凹陷下第三系沉积旋回受控于构造运动的旋回性发展。其沉积旋回与沉积相特征见表1。

东明凹陷下第三系沉积旋回、补偿性与沉积相组合表 表1

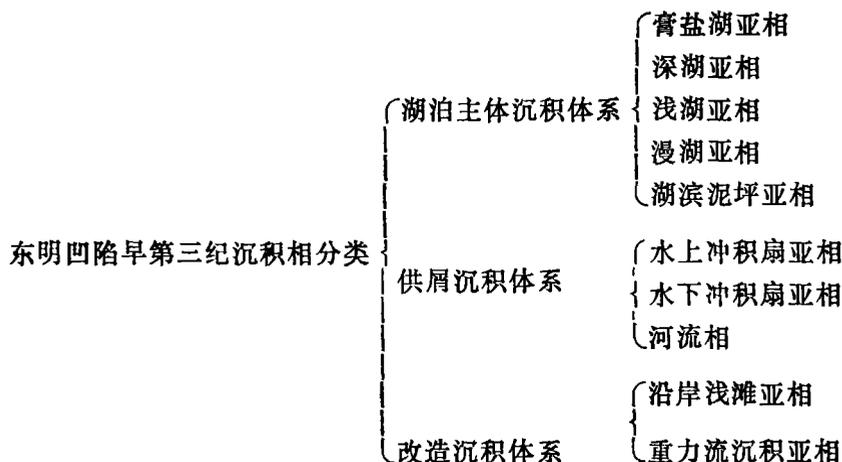
沉积旋回	地层层序	湖水深度	主要水动力条件	沉积相组合	物源丰度	补偿性质
上旋回	Ed	水上浅湖	河流洪水密度流	河流相 水上冲积扇亚相	最丰富	强补偿
	Es <sup>1</sup>	浅湖 深湖 (膏盐湖)	湖流波浪 洪水密度流	深湖、浅湖、滨湖亚相， 沿岸浅滩亚相， 小型水下冲积扇亚相， 膏盐湖亚相	少	非补偿
	Es <sup>2</sup>	水上浅湖	洪水密度流	漫湖亚相 水上冲积扇亚相	丰富	弱补偿
下旋回	Es <sup>3-1</sup>	水上浅湖	洪水密度流	浅湖—漫湖亚相 水上冲积扇亚相 水下冲积扇亚相	丰富	强补偿
	Es <sup>3-2,3</sup>	浅湖 深湖 (膏盐湖)	湖流波浪 洪水密度流 重力流	深湖、浅湖、滨湖亚相， 膏盐湖亚相，沿岸浅滩亚相， 水下冲积扇亚相， 重力流沉积亚相	少	非补偿
	Es <sup>3-4</sup>   Es <sup>4</sup>	深湖 浅湖 水上	重力流 洪水密度流	重力流沉积亚相 水下冲积扇亚相 漫湖亚相 水上冲积扇亚相	丰富	弱补偿

湖盆形成的早期阶段，盆地基底强烈下降，陆源碎屑供应充足。沉积类型由水上沉积发展到湖泊沉积。随着水体不断加深，泥岩颜色由红变至深灰色。沉积类型由水上冲积扇发展到水下冲积扇。这个阶段沉积具弱补偿性质。

盆地发展中期，剥蚀作用减弱，陆源碎屑供应减少，盆地基底仍然强烈下降，进入非补偿性沉积阶段。沉积类型以小型水下冲积扇为主。由于湖流和波浪作用明显，进入湖盆的碎屑物质经过再搬运和再沉积，形成重力流和沿岸浅滩等砂体沉积。

盆地发展晚期，构造活动再次加强，盆地下降幅度虽仍很大，但丰富的陆源碎屑使湖泊水体变浅，以致逐渐消失，进入强补偿性沉积阶段。这种强补偿性沉积发展的结果，可能导至湖盆的消亡或一个沉积旋回的结束。

根据东明凹陷早第三纪断陷成因、汇流盆地的具体情况，将凹陷的所有沉积亚相划分为三种沉积体系和十个亚相环境。



湖泊主体沉积体系代表湖泊环境主要部分的沉积。按水的相对深度（浪基面上下）和高低水位线，划分出深湖、浅湖、漫湖和湖滨泥坪亚相；按水的咸度划出膏盐湖亚相。供屑沉积体系指供应湖盆陆源碎屑的有关地层单元。改造沉积体系指经过重力流、湖流及波浪作用，再搬运，再沉积所形成的碎屑岩沉积，包括重力流沉积亚相和沿岸浅滩亚相。

## 二、湖盆沉积旋回早期特征及环境

下沉积旋回沙四段一沙三段4亚段与上沉积旋回沙二段，同处于早期弱补偿性沉积阶段。主要环境是水上冲积扇亚相和漫湖亚相。

水上冲积扇沉积是一套红色地层，基本上由三个层序单元组成。自下而上：（1）底部为具冲刷面的砂砾岩和含砾砂岩。递变层理、杂基结构；（2）递变层理含砾砂岩和砂岩。上部出现块状或水平层理；（3）粉砂岩。含泥砾，具递变层理，见有波状或波状交错层理及虫孔。上述层序分别反映了扇根、扇中和扇端的沉积。粒度概率曲线及CM图，反应出以悬浮搬运为主，并有牵引作用的洪水密度流特征。砂体形态为不规则

的扇形，沿盆地边缘呈裙带状展布。

漫湖沉积是一套岩性单一的棕、棕褐色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩层，厚度可达二至三百米。由许多相似的正韵律层组成，底部有一不明显的冲刷面。下部层序为粉砂岩或泥质粉砂岩，可含细砂粒。具块状层理。上部层序为泥岩、粉砂质泥岩，可含石膏团块。块状或水平层理及波状、波状交错层理发育。每个韵律层的厚度由数厘米—数米不等，分别代表一次洪水漫流沉积。

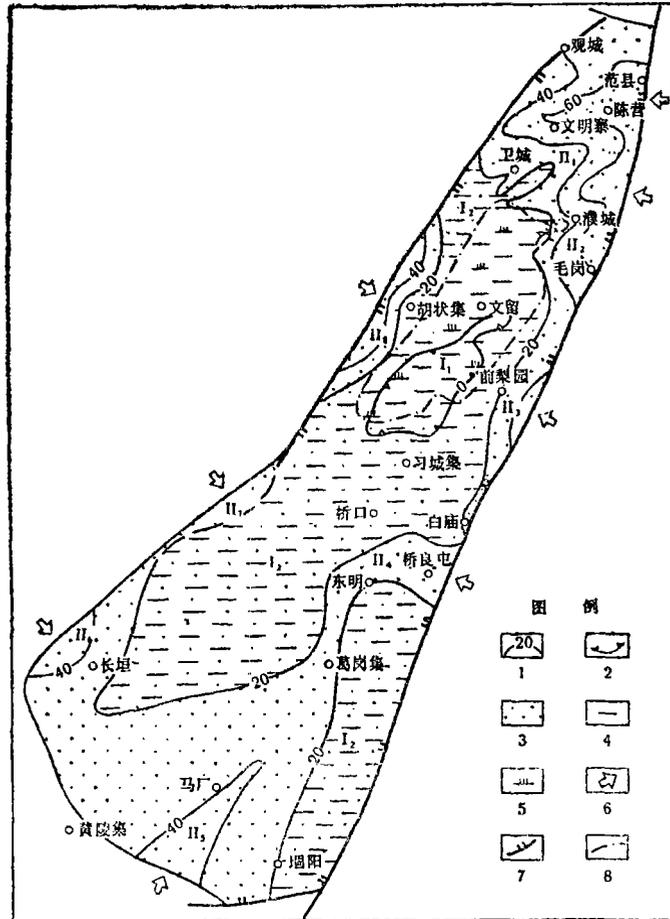


图1 沙二段沉积环境图

I 漫湖亚相；I<sub>1</sub> 泥膏岩沉积区 I<sub>2</sub> 泥岩沉积区 II 水上冲积扇亚相，II<sub>1</sub> 陈营水上冲积扇 II<sub>2</sub> 毛岗水上冲积扇 II<sub>3</sub> 前梨园水上冲积扇 II<sub>4</sub> 桥良屯水上冲积扇 II<sub>5</sub> 马厂水上冲积扇 II<sub>6</sub> 长垣水上冲积扇 II<sub>7</sub> 余家水上冲积扇（推测）II<sub>8</sub> 胡状集水上冲积扇。

1. 砂岩占段厚百分比等值线；2. 砂岩尖灭线；3. 砂质岩；4. 泥质岩；5. 泥膏岩；6. 物源方向；7. 断层；8. 泥膏沉积边界线。

水上冲积扇-漫湖沉积，反映了湖盆沉积旋回早期典型的亚相环境组合。图1反应了沙二段沉积特征。从盆地边缘到内部，沉积物由粗到细呈环带状分布。沿东部聊兰断层

一侧发育的水上冲积扇具有相变快、粒级粗、递变层理发育、砂砾岩累计厚度大等特点。这些特征是沿陡坡带发育的水上冲积扇所特有的。沿长垣断层及凹陷南端发育的水上冲积扇，其粒级相对较细，砂砾岩累计厚度较薄，而扇体展布面积大，相带分布较均匀。这种扇体一般发育在断裂活动相对较弱的缓坡地形上。漫湖沉积则分布在盆地边缘到中部的广大地区，垂向上很厚，以泥质沉积为主，有少量泥膏岩。这套地层的沉积特征是以块状层理为主的快速堆积，属洪水泛滥沉积。洪水物源自盆地周缘的裙带状冲积扇。当大量陆屑进入盆地后，地势平坦，能量锐减，粗的砂砾级碎屑在边部卸载；含有大量粉砂和泥质的悬浮物则随洪水涌入盆内低凹处。随着能量递减，先后沉积了泥质粉砂岩及泥岩，出现粒级水平层理。当有波浪或水流作用时，出现波状层理或波状交错层理。在干燥气候下，可形成石膏团块或含膏泥岩。当另一次洪水到来时，又形成一个韵律。笔者认为，这种沉积类型与正常湖泊沉积不同，应属间歇性洪水湖泊沉积。

湖盆沉积旋回早期阶段的末期，聊兰断层活动，加速了凹陷基底沉降。沉积环境开始由水上向水下过渡，由弱补偿沉积向非补偿沉积转化。此期可分二个沉积旋回，即下沉旋回，沙三段4亚段和上沉积旋回，沙二段。

下沉旋回沙四段—沙三段4亚段，是盆地形成的早期阶段。盆地基底下降幅度大，湖水较快变深。沉积类型由水上冲积扇变为水下冲积扇。还由于湖盆底部坡度较陡，出现了重力流的再搬运和再沉积。

上沉积旋回沙二段，是在沙三段1亚段强补偿沉积后，整个盆地趋于平坦，气候干热的背景下，由短流程、阵发性、含大量碎屑的洪水密度流所形成的水上冲积扇和漫湖沉积。

### 三、湖盆沉积旋回中期沉积特征及环境

下沉旋回沙三段2、3亚段和上沉积旋回沙一段同属于沉积旋回中期的非补偿性阶段。此时，湖盆水体变深，湖泊沉积占主导地位。发育了深湖、浅湖、滨湖、膏盐湖和水上冲积扇、重力流等亚相环境。

膏盐湖沉积是沉积旋回早期向中期转化初始阶段的产物。但两套膏盐层出现的层位不是在一个沉积旋回的晚期或末期，不是“准平原化阶段”的产物（图2）。相反膏盐

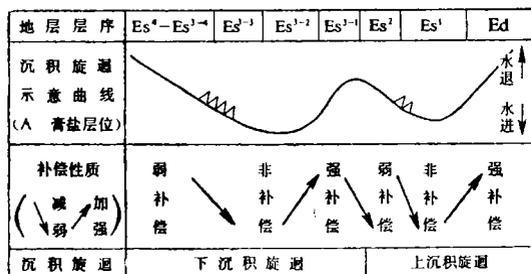


图2 两套膏盐层在沉积旋回中的位置示意图

是在进一步水侵、水体加深、淡化，盆地进入饥饿状态条件下结束的。厚层蒸发岩系的沉积有赖于气候条件与构造运动的特殊配合（H·博歌特等1964）。东明凹陷具有基底因断裂活动而下降的构造条件，具备良好的封闭性，又位于一个广泛的干旱气候区之内。但是从凹陷的整体及整个沉积史来讲，蒸发岩沉积仅占次要地位。东明凹陷膏盐层厚度

大，分布面积小，意味着其形成与垂向因素关系密切。它不属宽广平缓的沙漠地区盐湖沉积模式，而类似于高山深盆的环境。

盐湖发育的后期，淡水的补给增大，气候温湿，陆源后撤，进入了以淡水为主、间有弱咸化湖泊的沉积期。沉积物以灰、灰黑色泥岩、泥页岩为主，夹有油页岩、泥云岩及生物灰岩。暗色泥岩以块状和水平层理为主，为深湖亚相。泥页岩具波状层理，为浅湖亚相。

下旋回沙三段2、3亚段，是湖相沉积的主要发育期，沉积了巨厚的暗色泥质岩，属浅—深湖亚相（图3）。上旋回的砂一段则以浅湖沉积为主，暗色泥质岩的厚度相对较薄。

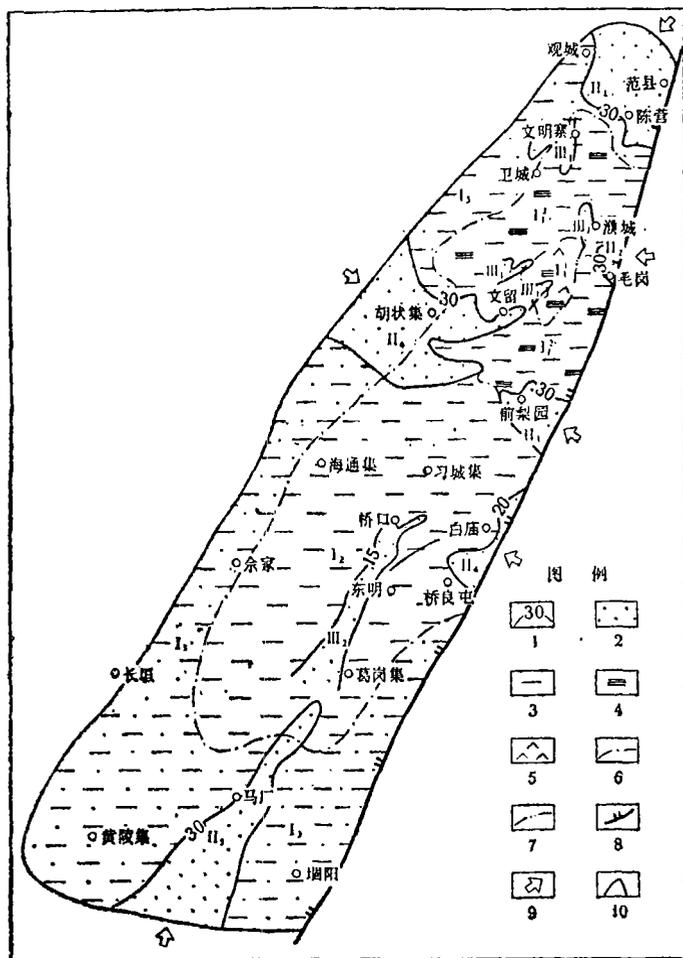


图3 沙三段2亚段沉积环境图

I<sub>1</sub>浅—深湖亚相：I<sub>1</sub><sup>1</sup>含盐泥页岩沉积区 I<sub>1</sub><sup>2</sup>泥页岩沉积区 I<sub>2</sub>浅湖亚相 I<sub>3</sub>滨湖—浅湖亚相  
 II水下冲积扇亚相：II<sub>1</sub>陈营扇体 II<sub>2</sub>毛岗扇体 II<sub>3</sub>前梨园扇体 II<sub>4</sub>桥良屯扇体 II<sub>5</sub>马厂扇体  
 II<sub>6</sub>胡状集扇体 III重力流亚相：III<sub>1</sub>北部重力流沉积区 III<sub>2</sub>南部重力流沉积区

1.砂岩占段厚百分比等值线 2.砂质岩 3.泥质岩 4.泥页岩 5.膏盐层 6,7.环境分界线  
 8.断层 9.物源方向 10.沉积边界线。

盆内水下冲积扇的沉积构造、粒度、层序等特征与水上冲积扇相似,是早期水上冲积的继承性发展。它赋存于暗色泥岩之中,是在浅—深湖背景下,由阵发性洪水密度流形成的水下砂体沉积。其特点是砂岩颜色较暗,展布规模小,出现频率占段厚比例小。沿聊兰断层一侧发育的扇体,规模较小,属陡坡型水下冲积扇体。沿长垣断层和南缘形成的扇体,分布面积较大,属物源补给较强、沿缓坡带展布的水下冲积扇体。

重力流沉积是沉积旋回中期重要的亚相环境。砂体具有浊积岩特征,可与包马序列对比,但缺少D段。主要组合有以下四种:AA、AB、BC和CE。以前三种组合较为常见。粒度CM图反映出浊流型,为平行C=M基线的长条状。说明沉积物呈悬浮状态搬运。与水下冲积扇相比较,它们之间既有相似之处,也有差异:(1)碎屑成分基本相似,但重力流砂体的岩屑含量较少,含大量同生泥砾,具有冲刷、拉裂构造;(2)重力流沉积以细砂—粉砂沉积为主,未见杂基结构;(3)水下冲积扇下部层序为厚且粗的递变层理砂砾岩。重力流砂体下部层序则主要是细的、结构较均匀的块状层理段;(4)水下冲积扇砂体沿凹陷边缘呈扇状展布。重力流砂体则在凹陷中部沿湖盆长轴方向呈舌状或带状展布,形成独立的沉积区。

本区重力流仅发育于下旋回中,并赋存在暗色生油岩内,对油气运移及聚集有重要意义。

#### 四、湖盆沉积旋回晚期沉积特征及环境

下沉积旋回沙三段1亚段和上沉积旋回东营组是沉积旋回晚期的强补偿性沉积阶段。这一时期,陆源碎屑从几个方面急速涌入盆地。湖水退却,盆地抬升,从水下环境发展为水上环境。

沙三段1亚段为一套由灰、深灰色到红灰相间、上部为棕红色的砂泥岩地层。湖泊主体沉积由浅湖向漫湖发展。供屑沉积由水下冲积扇渐变为水上冲积扇。阵发性洪水流能量和频率不断加强。中后期,凹陷中的冲积扇个数由2亚段的六个增至八个。砂体由盆地边缘延伸到中部,导致下旋回砂体发育,分布面积广的格局。

上旋回从沙一段进入东营组。东明凹陷开始了最后的沉积阶段。早第三纪“东明湖”的生命开始结束。这一阶段早期,陆屑从几个方向急速涌入盆地,沙一段湖水退却。沉积环境由水下转入水上。河流相沉积逐渐占据了主导地位。凹陷的北、东两侧为近源陆屑供应,发育有冲积扇亚相—河道亚相—泛滥平原亚相。凹陷西部的次级凹陷南端为远源陆屑供应,发育有蛇曲河泛滥平原亚相(图4)。

东营组的冲积扇规模,远超过沙河街组各时期的规模,主要发育在聊兰断层前缘。由于聊兰断层活动性南弱北强,凹陷南端相对抬升,东营组减薄以至缺失。因此,冲积扇的发育也表现出北强南弱。中部和北部的白庙,陈营冲积扇体最为发育。砂体单层厚度大,粒级粗。东营组的水上冲积扇不同于沙河街组,它向盆地内延伸远。其延伸部分发育成了河道沙。河道沙在平面上呈长条状。由凹陷的南、北两端及桥口一带向沉积中心延展。砂体呈指状分布。与河道沉积相应的泛滥平原沉积占据了冲积扇和河道沉积以外的大面积区域。

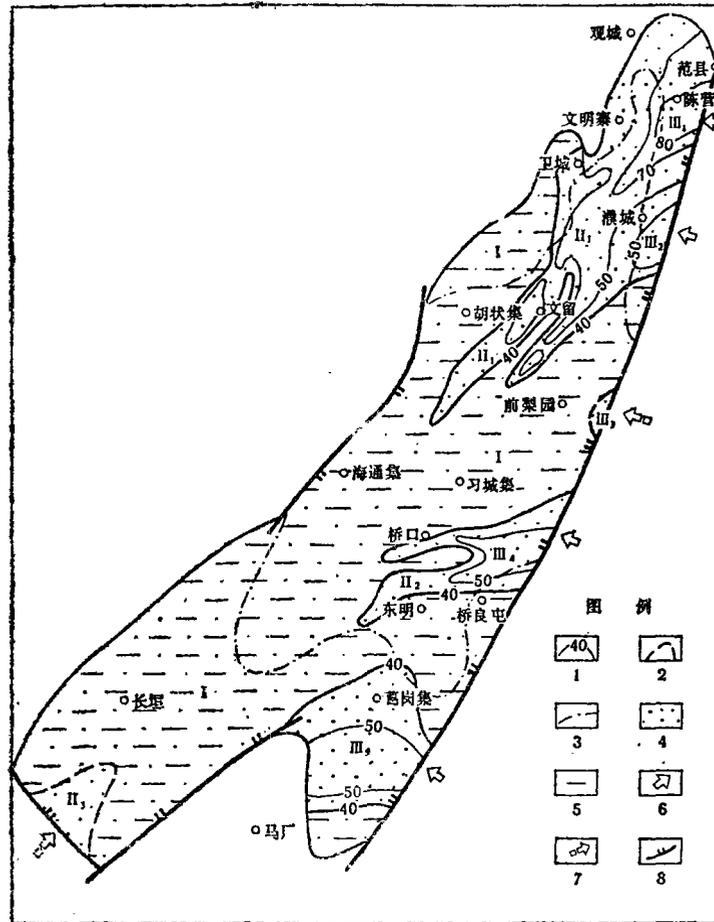


图4 东营组沉积环境图

I 泛滥平原亚相 II 河道亚相：II<sub>1</sub>陈营—文留河道砂体沉积区 II<sub>2</sub>桥口河道砂体沉积区 II<sub>3</sub>长垣南部河道砂体沉积区（推测） III 水上冲积扇亚相：III<sub>1</sub>陈营水上冲积扇 III<sub>2</sub>毛岗水上冲积扇 III<sub>3</sub>前梨园水上冲积扇（推测） III<sub>4</sub>白庙水上冲积扇 III<sub>5</sub>葛岗集水上冲积扇

1. 砂岩占段厚百分比等值线 2. 推测砂岩占段厚百分比等值线 3. 早期残留湖边界 4. 砂质岩  
5. 泥灰岩 6. 物源方向 7. 推测物源方向 8. 断层

## 五、环境与油气

### (一) 沉积环境与生油岩及油田分布

东明凹陷面积虽小,但沉降幅度大,生油岩体可观,有利生油的暗色泥岩体积超过4000立方公里。有机碳含量平均0.6%左右,氯仿沥青“A”含量多在200—400ppm之间,有机碳总量超过500亿吨。在H/C—O/C关系图和氢氧指数关系图上,干酪根类型沿Ⅱ型轨道演化,反映生油母质来源于低等藻类等水生微体生物和陆源供给的高等植物。有机质丰度以湖盆非补偿沉积阶段的沙三段2、3亚段和沙一段数值最高,是良好的生油岩系。弱补偿和强补偿性阶段,属氧化环境,不利于有机质的繁殖和保存,不利于生油。东明凹陷各次级凹陷由于构造发展经历不同,其生油岩有机质丰度也各异。前梨园和海通集次级凹陷为长期持续下沉的继承性凹陷,始终处于湖泊的沉积中心,是有利的生油岩发育区。凹陷内目前已发现的主要油气田、含油气构造即分布在前梨园和通海集次凹陷内。

### (二) 沉积环境与储集岩分布

目前,东明凹陷已发现的油气储集岩,基本上都是砂质岩。分布较广、较重要的储集层段是沙三段1亚段。该段地层属冲积扇砂体,在强补偿性沉积阶段向湖盆内部延伸。砂体布满湖盆,覆盖在主要生油层段沙三段2亚段之上,其储油物性条件较好,上覆有良好盖层(沙二段和沙一段,尤其是沙一段下部膏盐层)。在纵向上形成得天独厚的生储盖配置,只要具备圈闭条件,即可形成油气藏。在中央隆起带局部构造上,构造圈闭、岩性-构造复合圈闭的条件极好。因此,该储集层在文明寨、文留、卫城油田均成为主力油层。

第二个重要的储集岩发育段是沙三段2、3亚段,该段地层为水下冲积扇和重力流砂体。它们都位于生油层系之内。3亚段部分砂层还位于巨厚的膏盐层之上下,有利于油气运移、聚集及保存。在凹陷南部和胡庆断阶带,桥口及白庙地区,该段地层是最主要的储集层。但砂层厚度和规模都不及沙三段1亚段。其中重力流砂体因埋深较大,灰质含量高,孔、渗欠佳,往往形成高压低渗透油层。

第三个重要储集层段是沙二段。该段地层为发育的水上冲积扇砂体,大多分布在湖盆边缘。如濮城油田。

沙一段由于非补偿性沉积,物源补给弱,各亚相环境控制的砂质岩均不发育,砂层薄,储油性较差。目前仅在濮城和桥口构造上发现了具工业价值的油层。东营组发育有水上冲积扇和河道砂体,其孔、渗条件好,但因生储盖不配套,因此未能形成重要油气层。

### (三) 沉积环境与圈闭

当具有良好生、储、盖条件之后,能否形成油气藏,还要看有无圈闭。从东明凹陷已发现的多种油气藏类型看,构造-岩性复合圈闭占有重要的位置。

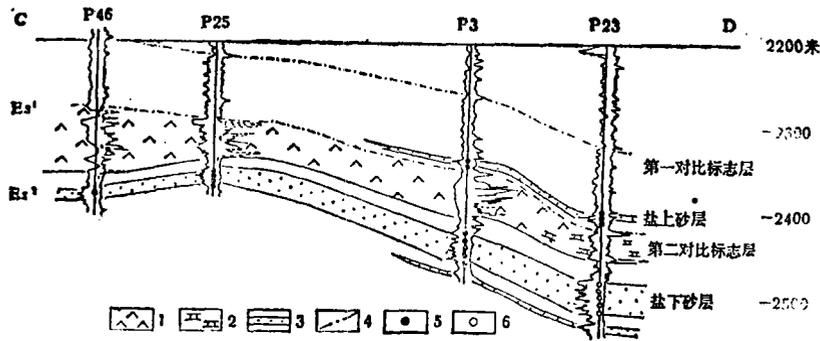


图5 濮城沙一段盐上砂与沙二段顶部盐下砂油藏剖面图

1.膏盐层； 2.白云岩层； 3.砂岩层； 4.标志层对比线； 5.油层； 6.水层

凹陷北部的濮城油田以沙一段和沙二段（后者为主）水下或水上冲积扇、扇中河道砂体为主要储集层。砂体尖灭与濮城低幅度构造复合作用形成圈闭（图5）。胡庆断阶带上的张河沟油藏，则是水下冲积扇体与断层相结合所形成的圈闭。

东明凹陷中的膏盐层，除作为极好的盖层外，在形成圈闭中还有重要作用。文留构造就是此种类型的油藏（图6）。文留构造是中央隆起带上的一个局部构造，是由于基底断块不均沉降而形成的同生构造。沙三段膏盐层在差异压实作用下发生向构造顶部的塑性流动，使原构造强烈上拱形成“盐背斜”，并使上覆地层破裂，从而形成一系列圈闭。

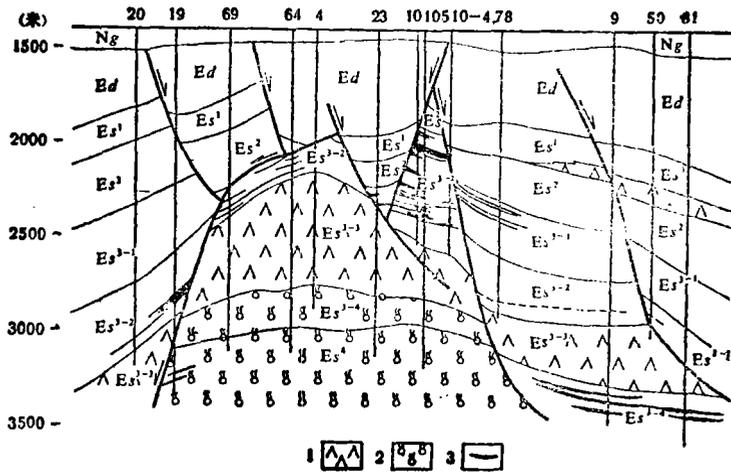


图6 文留油藏横剖面图

1.膏盐； 2.气层； 3.油层。

综上所述,对东明凹陷早第三纪沉积环境与油气的认识,有如下几点:

- 1.东明凹陷是早第三纪发育的地堑型断陷盆地。断裂活动控制了盆地的结构、沉积、相带展布及油气聚集。
- 2.东明凹陷在早第三纪的沉积以陆源碎屑沉积为主,有部分化学岩沉积,属湖泊环境。仅在东营组发育有河流相沉积。
- 3.东明凹陷湖泊沉积相可划分为三种沉积体系:湖泊主体沉积、供屑沉积和改造沉积。
- 4.东明凹陷的陆源碎屑沉积,来自湖盆周边山地剥蚀地区,以近源、阵发性洪水流搬运为主,是一个汇流盆地。这种断陷湖泊沉积的特点是冲积扇发育,存在有漫湖亚相及重力流沉积亚相。
- 5.构造运动控制了盆地演化,进而控制了湖泊沉积环境的演化。可用“补偿性”概念表征沉积作用和陆源碎屑供应之间的关系。东明凹陷经历了强补偿、弱补偿、非补偿三个阶段。沉积旋回则是补偿性的周期性变化所致。
- 6.东明凹陷早第三纪的两次成盐作用,发生在弱补偿性阶段向非补偿性阶段的转化时期。
- 7.东明凹陷沉积中心主要位于北部。围绕沉积中心,陆屑基本上呈环带状展布。当盆地处于相对活动期时,屑碎物质则以重力流形式伸入盆地内部。
- 8.冲积扇砂体和重力流砂体是东明凹陷油气最重要的储集层。这类砂体的展布及孔渗变化,对油藏的分布有重要影响。构造-岩性复合圈闭是凹陷内重要的油气圈闭类型。

(收稿日期:1984年2月23日)

### 参 考 文 献

- [1] H.博歇特等,盐类矿床(中译本),地质出版社,1975年。

# EARLY TERTIARY SEDIMENTARY ENVIRONMENT AND THE OIL AND GAS OF DONG MING DEPRESSION

Chen Xiadong      Gao You

(North China Bureau of Petroleum Geology,  
Ministry of Geology and Mineral Resources)

## Abstract

Dong Ming Depression is an early Tertiary block-faulting basin of graben type. The basin in-fillings are predominately clastic with subordinate lacustrine chemical rocks. Fluvial sediment developed only in Dong Ying Formation.

The lacustrine sediments of Dong Ming Depression are divided into three sedimentary systems: lacustrine allochthonous clastic, and reworked sediments. It is thought that the alluvial fan subfacies, overbank and lake sub-facies, and gravitational current sediment sub-facies with different sedimentary backgrounds are characteristics of the sedimentary environment for block-faulting lake.

The alluvial fan sand body and the gravitational current sand body are the major reservoir for oil and gas, and the combined structural and lithological trap is the main type of oil and gas traps in Dong Ming Depression.