

东营盆地始新统沉积体系及盆地演化

蔡进功 姜秀芳 范存堂

(胜利石油管理局, 山东东营 257015)

提 要 东营盆地中, 上始新统沉积旋回可划分出五个亚层序(DS1—DS5), 六种沉积体系和十一种相带, 从下向上按三个发育阶段演化。盐湖期(DS1)广泛发育碳酸盐岩体系; 咸水深湖期(DS2—DS3)是各类沉积体系发育的鼎盛时期, 但以湖相体系和重力流体系发育最佳; 淡水浅湖期(DS4—DS5)发育三角洲体系和河流体系。平面上, 缓坡带沉积厚度薄, 由碳酸盐岩向滨—浅湖相和河流相砂岩演化; 陡坡带沉积物厚度大, 由冲积扇相砂砾岩向扇三角洲相和辫状河三角洲相砂岩演化, 反映了半地堑盆地充填演化的不对称性。三角洲体系沿凹陷轴向发育, 向盆地进积, 造成沉积中心自东向西迁移, 构成了盆地沉积充填的主体。

关键词 亚层序 沉积体系 空间展布 盆地演化

第一作者简介 蔡进功 男 32岁 硕士 高级工程师 沉积学及盆地分析

随着油气勘探的日趋深入, 地质学家越来越重视沉积盆地的地层分析, 并创立了以层序地层学为代表的理论和分析技术(Van Wagoner, 1990)。层序地层学虽然由海相盆地发展而来, 但其基本思路仍可应用于非海相盆地(Hamble, 1992)。本文以东营盆地中、上始新统为例, 利用层序地层学的方法, 结合钻井、测井和地震资料, 研究东营盆地沉积体系分布特征及盆地充填演化规律。

1 地质背景

东营盆地属渤海湾裂谷盆地的次级盆地, 位于它的东南端, 长 90km, 宽 65km, 面积约 5700km², NE—SW 走向(图 1)。东营盆地四周被凸起环绕, 盆地的北部和西部以活动时间长(中生代—晚第三纪)、落差大的基岩断层为界, 南部则与鲁西隆起相邻, 属半地堑型盆地。

东营盆地地下第三系包括孔店组(Ek)、沙河街组(Es)和东营组(Ed), 沉积物厚度约 7500m, 而中、上始新统沙河街组厚约 4500m

(表 1), 是主力含油层系, 也是本文研究的重点。对超微化石和古地磁研究表明, 中、晚始新世持续时间为 11.0Ma。微量元素分析资料计算表明古盐度变化大, 从 33‰降至 1‰, 反映东营盆地中、晚始新世湖泊逐渐淡化。

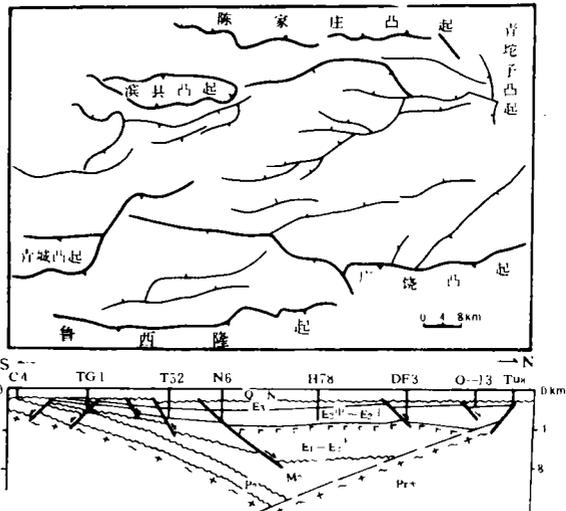


图 1 东营盆地构造图

Fig. 1 The structural map of Dongying basin

表1 东营盆地地层表

Table 1 The stratigraphical table of Dongying basin

时代			地 层		年 龄 (Ma)	古 盐 度	
早 第 三 纪	始 新 世	晚 期	沙 河 街 组 (Es)	二 段	下 部	. 38	<1‰
				三 段	上 部		1‰
		中 部			1‰-5‰		
		下 部		9‰-17‰			
	中 期	四 段	上 部	49	21‰-33‰		
			下 部				
早 期	E ₂	孔店组 (Ek)	一 段				

2 地层格架

依据地震反射特征、测井响应特征及岩性、古生物特征,利用地震地层学和层序地层学分析方法,建立了东营盆地中、上始新统地层格架(图2),划分出5个沉积亚层序(DS1—DS5)。

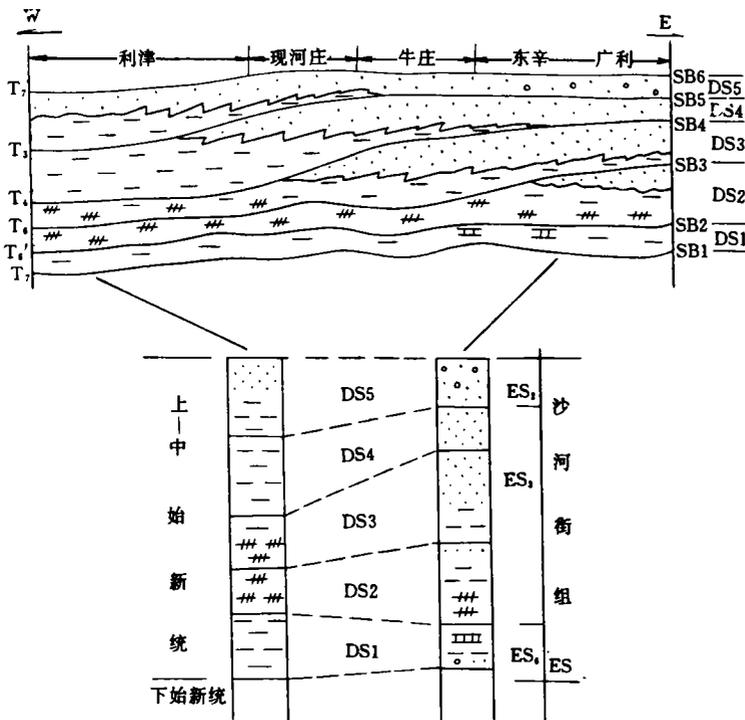


图2 东营盆地中上始新统地层格架

Fig. 2 The stratigraphical framework of middle and upper Eocene in Dongying basin

亚层序1(DS1)厚约250m,顶底分别为T'和T₇地震反射层,由泥岩、油页岩、生物灰岩、白云岩和红色砂砾岩组成,见石膏和盐岩。垂向上由红色砂砾岩向灰岩、白云岩和泥岩、油页岩

演化。生物灰岩和白云岩分布于盆地南部,北部为砂砾岩,东北部见有石膏和盐岩。

亚层序 2(DS2)的顶、底分别为 T_6 和 T'_6 。地震反射层,测井曲线上两套高尖电阻是其顶、底界的标志,并在东部地区见有前积反射结构。亚层序平均厚度约 200m,在盆地东端厚达 500m,由油页岩、泥岩和砂岩组成,其中油页岩分布较广,砂岩见于盆地东部及南部。该亚层序顶部见有炭质页岩,底部的油页岩段在部分地区缺失,因而可与上、下亚层序相分。

亚层序 3(DS3)的顶、底分别为 T_4 和 T_6 。地震反射层,在盆地中部地区有发育较好的前积反射结构,亚层序厚约 400m,盆地中部厚达 800m,由泥岩、砂岩和油页岩组成,从下向上砂岩增多,油页岩减少,亚层序顶部发育有炭质页岩,反映了沉积作用的间断性。

亚层序 4(DS4)的顶、底相当于 T_4 和 T_3 。地震反射层,在盆地的中西部发育前积反射结构,其厚度为 250m,在盆地北部厚达 600m,由中—细粒砂岩、泥岩和炭质页岩组成,炭质页岩出现于亚层序的顶部,在盆地东部最发育,盆地东南部出现红色砂砾岩,这都反映水体向上变浅的特征。

亚层序 5(DS5)顶、底分别为 T_2 和 T_3 。地震反射层,并在局部地区见有前积反射结构。亚层序厚约 150m,由砂岩、红色砂砾岩、泥岩和炭质页岩组成,从下向上红色砂砾岩及炭质页岩的数量逐渐增加,其中红色砂砾岩分布于盆地南部和东部,炭质页岩分布较广,厚度变化较大,在盆地东部和东北部发育较好。

3 沉积体系特征及分布

3.1 沉积体系特征

对中、上始新统碎屑充填物的沉积学分析,划分出湖相体系、三角洲体系、冲积扇体系、河流体系、重力流体系和湖相碳酸盐岩体系,各沉积体系的特征详见表 2。

表 2 东营盆地中、上始新统湖泊沉积体系特征表

Table 2 The characteristics of depositional systems in middle and upper Eocene Dongying basin

沉积体系	沉积相	主要沉积特征
湖相体系	滨—浅湖相	泥岩,粉细砂岩,含碳酸盐岩、螺化石,发育交错层理
	半—深湖相	油页岩、泥岩,含介形虫化石,水平纹理发育
三角洲体系	三角洲相	细砂岩,粉砂岩,泥岩,发育大型交错层理和平行层理
	扇三角洲相	含砾细砂岩,发育块状层理和交错层理
	辫状河三角洲	细砂岩,底部含砾,具正韵律,发育槽状交错层理和波状层理
冲积扇体系	冲积扇	砾岩,砾状砂岩,斜层理发育
	洪积扇	红色砾岩,砾状砂岩及泥岩,层理不发育
河流体系	河流相	含砾细砂岩,具正韵律,交错层理发育
	洪泛平原相	红色砂砾岩及泥岩
重力流体系	浊积扇	含砾砂岩,鲍马序列发育
	滑塌浊积岩	细砂岩,含泥砾,滑动构造发育
碳酸盐岩体系	浅滩相	生物灰岩和鲕粒灰岩(白云岩)
	盆地相	隐晶灰岩(白云岩),含生物化石

3.2 沉积体系的平面分布

亚层序 1 的地层厚度平均为 250m(图 3A),最厚 400m,位于盆地北部边界断层附近,反映

该区沉降幅度较大。砂岩厚度平均为100m,最厚达275m,沿盆地周边分布,特别是盆地北部分布最广,其砂岩百分比高达40%,而在盆地南部仅有22%,反映碎屑沉积不均匀性。沉积体系以湖相为主(图4A),特别是滨浅湖相占据了盆地南部的大部分区域,并发育以中、细砂岩为主的滩坝相和以鲕粒灰岩及生物灰岩为主的粒屑滩相,盆地北部则以砂砾岩沉积为主的冲积扇体系,并部分暴露出水面,呈现红色。此外,重力流体系沿北部边缘发育,多属洪水浊积扇成因。

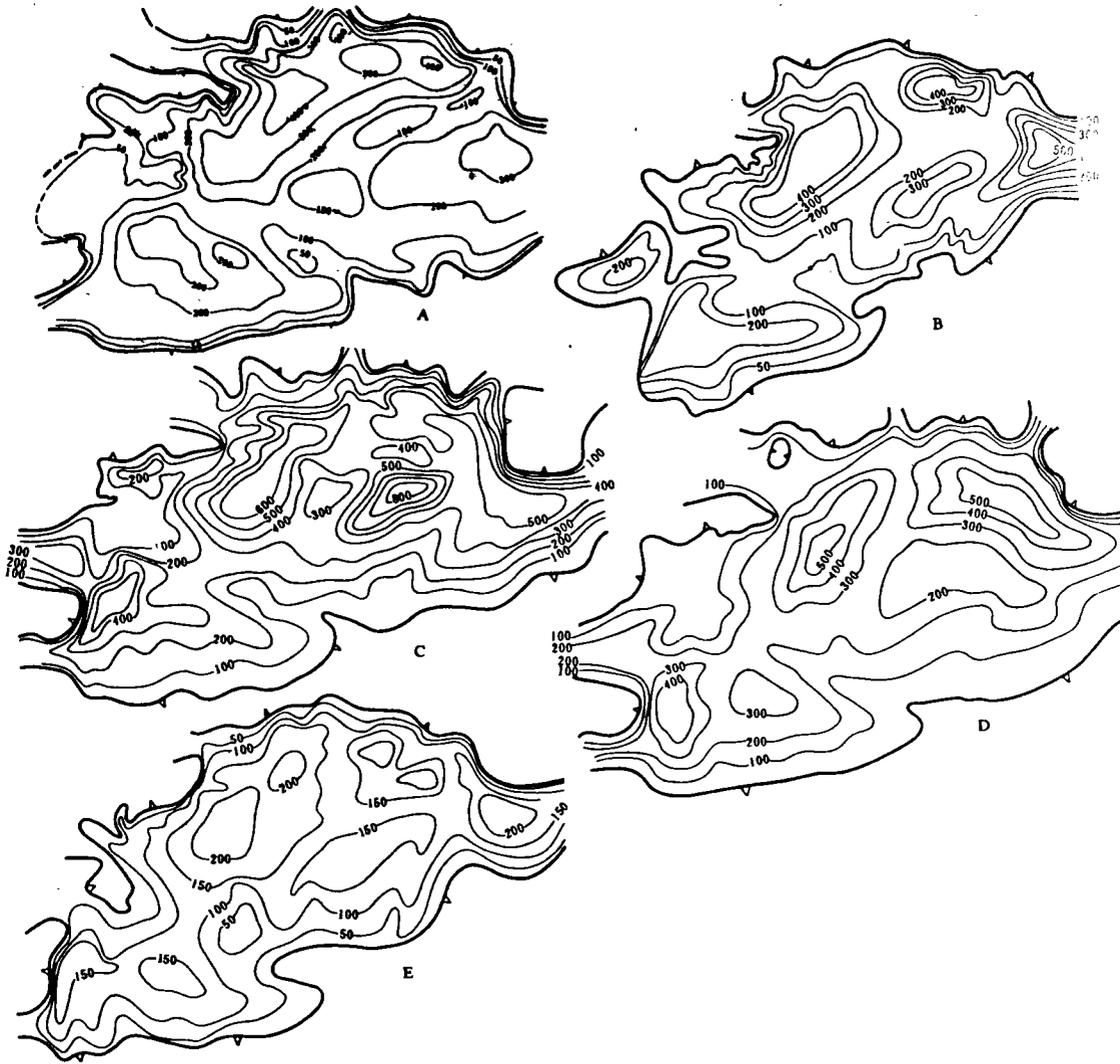
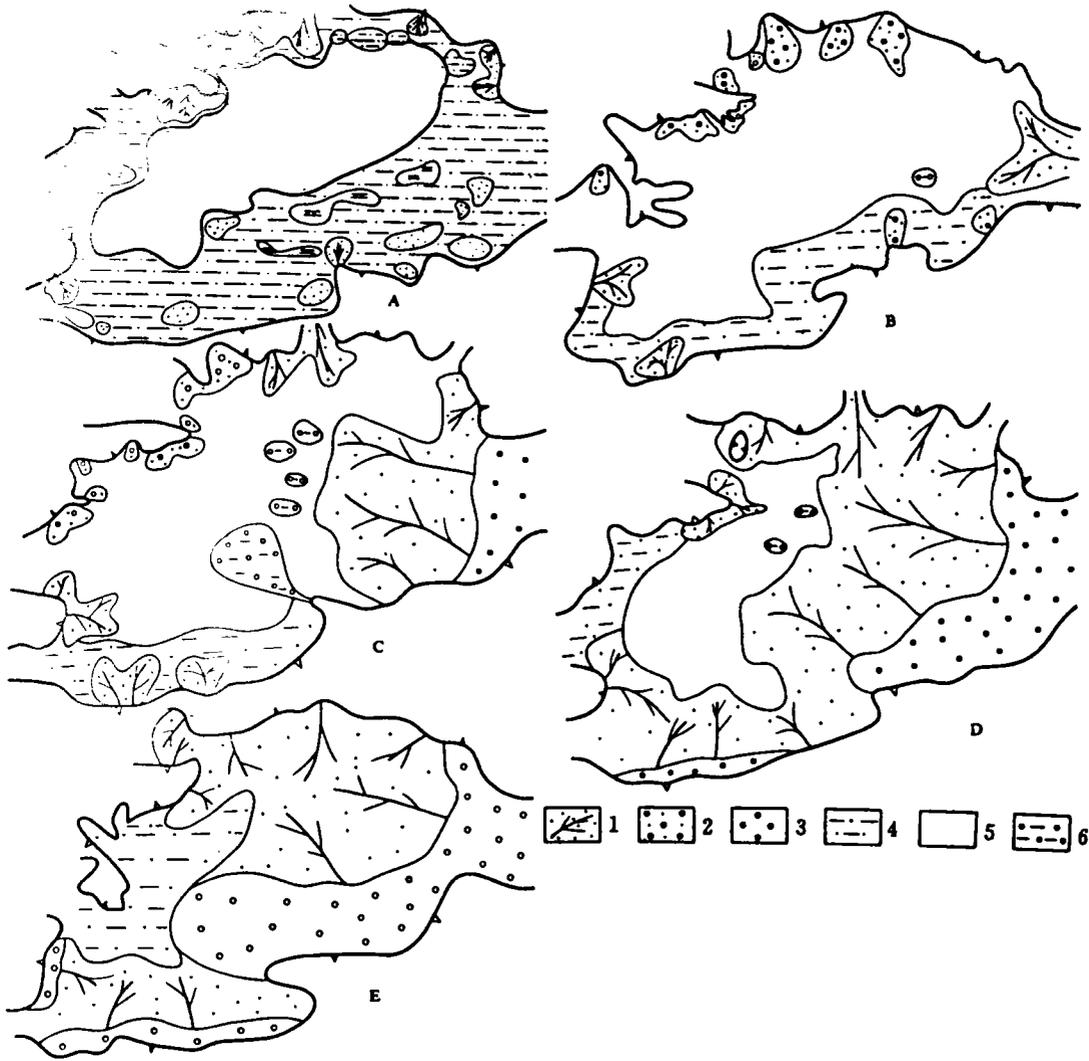


图3 东营盆地中上始新统地层等厚图

Fig. 3 The isopach of stratigraphy in middle and upper Eocene of Dongying basin

亚层序2地层平均厚度200m(图3B),盆地东端达600m,反映沉降幅度最大的区域发生了迁移。砂岩厚度明显减薄仅有20m,砂岩百分含量仅有20%,分布于盆地东部的最大沉降区内,这反映该时期内沉积物供应欠充足。湖相体系是主要沉积体系(图4B),但以油页岩和泥岩

为主的半—深湖相占绝对优势,并在横向和垂向上分布稳定,滨浅湖相相对萎缩;同时在盆地轴向上发育以砂岩为主的三角洲体系,盆地北部发育以砂砾岩为主的浊积岩和冲积扇相,但其分布规模相对缩小。



1.三角洲体系 2.冲积扇体系 3.河流体系 4.滨—浅湖相 5.半深—深水湖相 6.重力流体系

图4 东营盆地中上始新统沉积体系图

Fig. 4 The distribution of sedimentary systems in middle and upper Eocene of Dongying basin

亚层序3地层厚度明显增大(图3C),平均为400m,最大800m,整个东营盆地中该时期沉降幅度最大,沉降中心位于盆地中东部,但与DS2亚层序相比,沉降中心向西迁移。砂岩厚度明显增大,平均为100m,最厚达200m,砂岩百分比增加到40%,最高为80%,砂岩主要分布在盆地的东部区域,其次沿盆地周缘分布。该时期各类沉积体系广泛发育是其显著特点(图4C),

湖相体系基本上继承了DS2的特点,轴向上的三角洲体系进一步发育,由多个河流注入,分布范围逐渐扩大,并向盆内进积,形成了一个复合三角洲体。在三角洲的前缘由于三角洲的快速进积,伴随有滑塌浊积岩发育,而在盆地边缘发育有洪水携带砂砾岩入湖形成洪水浊积扇,并具有多期性特点,反映构造作用的脉动性。此外,发育有河流体系和冲积扇体系。

亚层序4地层厚度减薄(图3D),平均为250m,最厚达450m,沉降中心偏向盆地西北部的边界断层一线。该时期砂岩厚度明显增大,平均150m,最厚达400m。砂岩百分比高达40%,砂岩的覆盖面积占盆地三分之二区域。三角洲体系(图4D)在DS3的基础上进一步发育,向盆地内进积,多水系、多物源的特点更显著,湖相体系相对萎缩,仅限于盆地西端,重力流体系和冲积扇体系相对萎缩,河流体系在盆地东部广泛发育,以红色砂砾岩的广泛出现为代表,反映东营盆地以沉积充填为主。

亚层序5地层厚度进一步变薄(图3E),平均150m,最厚200m,并沿盆地北部的边界断层分布,反映沉降幅度达到最小。砂岩厚度60m,最厚100m,横向分布稳定。砂岩百分比为40%,反映东营盆地以碎屑充填为主。该时期三角洲体系相互叠置(图4E),构成盆地充填的主体。冲积扇和重力流体系在该时期基本不发育;河流体系在盆地南部和东部广泛发育;湖泊体系仅见于盆地的西部,并以滨浅湖相为主。

3.3 沉积体系的区带分布

半地堑型盆地沉积物分布极不均匀,表现区带分布的特点(图5、6)。

陡坡区位于湖盆的边界断层一侧,以山高坡陡、近物源、沉积速度快为基本特点。陡坡区以冲积扇、浊积扇、扇三角洲和辫状河三角洲为主,呈裙带状分布,组成一个粗碎屑岩带(图6)。垂向上,从冲积扇和洪积扇,向扇三角洲和辫状河三角洲演化,构成了一个完整的垂向充填序列。

缓坡区位于湖盆的超覆带一侧,比陡坡区平缓,沉积过程受湖平面相对升降及潮流、波浪的影响较大,是湖相体系特别是滨浅湖相最发育的地区(图6)。垂向上由湖相碳酸盐岩、滨浅湖相砂泥岩向三角洲相和河流相砂岩演化。

轴向区指盆地的长轴方向,这里是大河流入湖、大型三角洲沉积体形成的地方(图5)。在东营盆地的东端为大型东营三角洲体,西端由于边界断层的影响形成大型高青扇三角洲体,从DS1到DS5三角洲沉积体分布范围逐渐扩大,在地震剖面上发现大型的前积反射结构,反映了不断地向盆内进积的特点。

湖盆中心区位于盆地中部,远离物源区,水动力较弱,半深—深湖相极其发育(图5、6)。但在DS3亚层序,由于构造运动及轴向三角洲的进积,常伴有大量浊流沉积物。到DS4和DS5亚层序,由于轴向区三角洲的迅速推进,被三角洲相砂岩所覆盖,反映盆地演化逐渐趋于衰亡。

4 盆地充填演化规律

4.1 盆地充填演化特征

4.1.1 沉积格架的不对称性

沉积格架的不对称性是半地堑盆地的普遍特点,主要表现为盆地的不同区带的沉积相、沉积体系以及沉积物厚度的差异(图6)。在盆地陡坡区和缓坡区,不仅滨湖带的宽窄不同,而且前者以冲积扇、扇三角洲和辫状河三角洲沉积物为主,厚约2000m;后者则有宽阔的滨浅湖相,

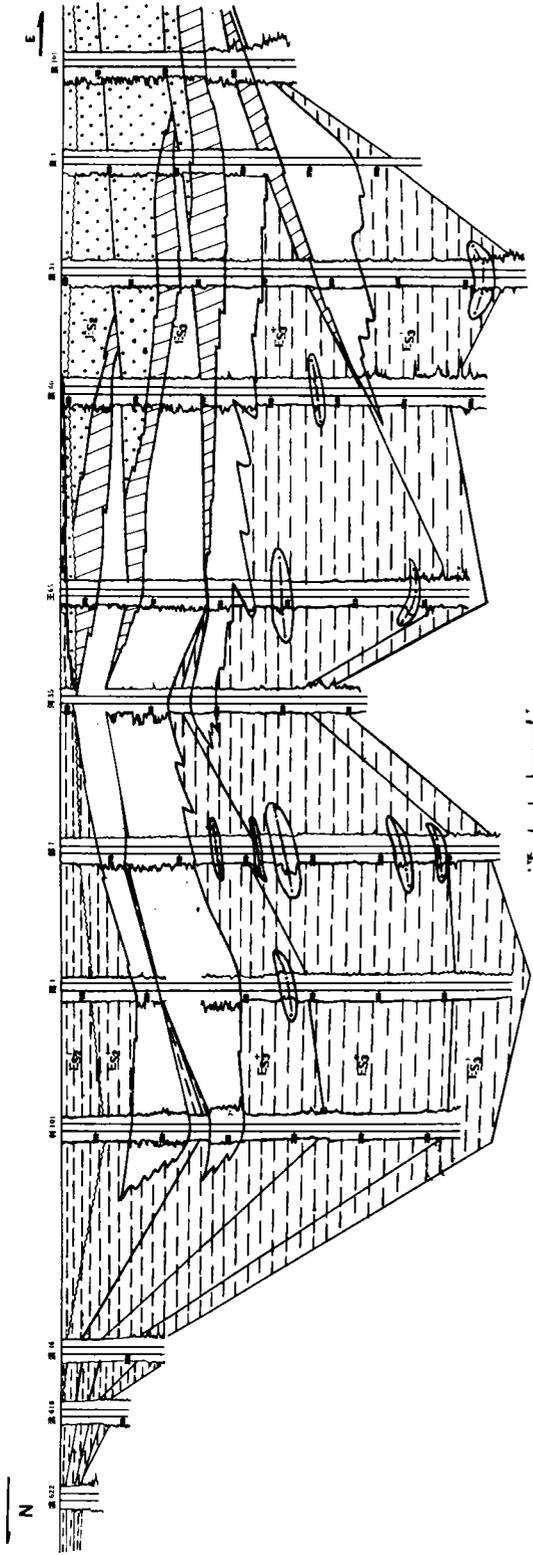


图 5 东营盆地东西向沉积相横剖面(图例与图 6 相同)

Fig. 5 The cross section of sedimentary facies from east to west in Dongying basin

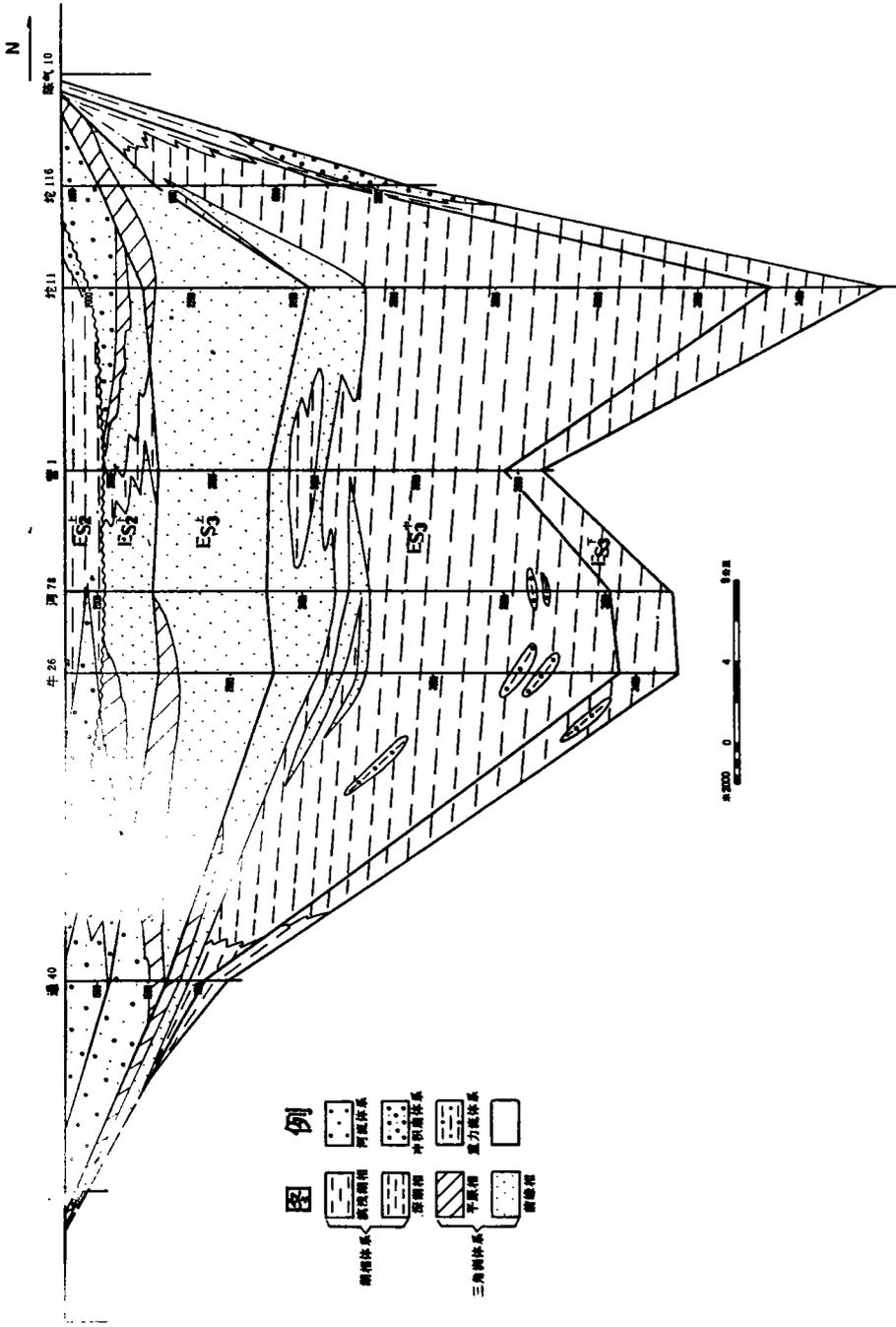


图 6 东营盆地南北向沉积相横剖面
 Fig. 6 The cross section of sedimentary facies from south to north in Dongying basin

以三角洲和河流相沉积为主,厚约 200—600m,二者厚度相差约 1500m。

4.1.2 沉积中心多样性及迁移性

沉积盆地的充填过程是沉积中心不断迁移的结果,而沉积中心的迁移受物源供给的控制。

陆相半地堑型盆地与海相盆地不同,具有多物源、近物源的特点(图 4),沿盆地的四周形成大小不等的沉积中心。但是半地堑盆地的轴向沉积物供应充足,持续时间长,常是主要的物源供给区。

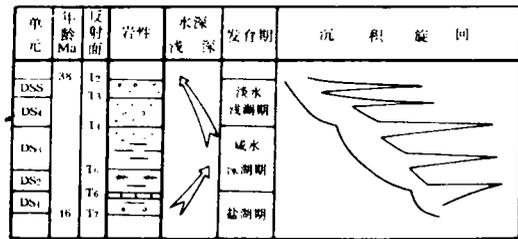


图 7 东营盆地中上始新统沉积旋回示意图

Fig. 7 The sketch of sedimentary cycle in middle and upper Eocene of Dongying basin

从东营盆地地层等厚图(图 3)和沉积体系分布图(图 4)上可以看出,东营盆地的沉降中心从 DS1—DS5 自东向西北方向迁移,与此同时,伴随有盆地东端复合三角洲的不断向西迁移,沉积中心亦相应地迁移,成为东营盆地充填的主体。因此,东营盆地沉积中心的迁移,与轴向三角洲向盆内进积密切相关。这种沉积中心

迁移的结果,造成了盆地中沉积物分布的不均匀性,在盆地东段和西南段,由于三角洲的迁移,形成大套的厚层砂岩组合;西段由于距沉积中心较远,以一套泥质沉积为主,造成了沉积充填的区域上差异。

4.1.3 充填演化的阶段性

依据东营盆地沉积特征、古盐度变化及构造作用,将东营盆地中、上始新统划分出盐湖期、咸水深湖期、淡水浅湖期三个演化阶段(图 7)。

①盐湖期 包括 DS1 亚层序。该时期古盐度含量高达 33%—21%,地层较薄,厚度仅有 250m,表明构造活动较弱。湖相碳酸盐岩和冲积扇体系广泛发育,有泥岩、生物灰岩、白云岩、油页岩、砂砾岩和石膏、盐岩等多种岩石出现,垂向上洪积扇相砂砾岩向湖相碳酸盐岩转化,表明湖盆水体稳定。

②咸水深湖期 包括 DS2 和 DS3 亚层序。该时期古盐度极骤下降,由 17%降到 1%,表明淡水注入量较大,湖水淡化。地层较厚,达 600m,最厚达 1100m,表明构造活动强烈,沉降幅度增大。各类沉积体系广泛发育,但湖相体系发育最佳,并以泥岩、油页岩等细粒沉积物为主,反映了沉积作用的非补偿性。三角洲体系沿轴向发育,向盆内进积。重力流体系发育达到鼎盛时期,分布规模大,出现频率高,并与三角洲向盆内进积密切相关。

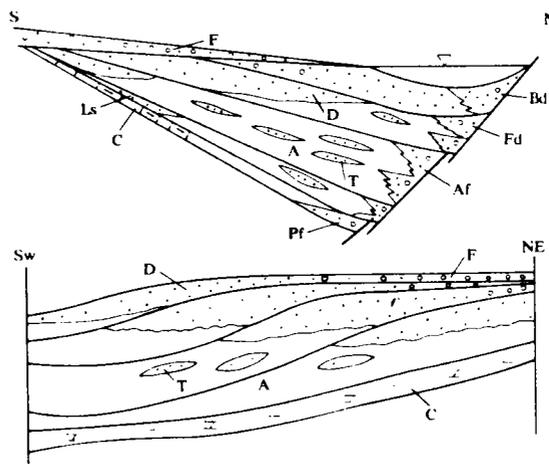


图 8 东营盆地沉积充填模式

Fig. 8 The model of depositional filling in Dongying basin

③淡水浅湖期 包括 DS4 和 DS5 亚层序。该时期古盐度低,少于 1%,表明湖盆水体变化较少。地层厚度比咸水深湖期变薄,仅有 400m,最厚为 800m,表明构造活动较弱,沉降幅度减少。该时期三角洲体系分布面积占盆地面积的三分之二,具多水系、多物源的特点。但是,盆地中充填了砂岩、砂砾岩等粗粒沉积物,表明物源供应充足,沉积作用具有补偿性。同时,湖相体系相对萎缩,并以滨浅湖为主,仅限于盆地西端,这些特征表明盆地趋向于衰亡。

4.2 半地堑盆地沉积充填模式

对东营盆地沉积体系分析及盆地充填演化规律的探讨,建立了半地堑型盆地的沉积充填模式,从图 8 上可以看出,盆地轴向上三角洲体系发育,并向盆内进积,对整个盆地的充填演化起控制作用。湖盆中心区是重力流体系发育的有利场所,而重力流的体系的发育与构造作用、物源供给及三角洲的大面积进积密切相关。缓坡带是滨、浅湖相广泛发育的有利区带,同时,由于东营盆地南部与广饶凸起、鲁西隆起相邻,因而南边有部分冲积扇和洪水浊积扇发育。陡坡带断层活动强烈,物源供应充足,冲积扇体系最为发育,同时伴有洪水浊积扇。

5 结论和讨论

(1)层序地层学方法是陆相盆地分析的有用工具。基准面的变化可以形成具有成因意义的边界面,并可以从地震剖面、测井响应和岩性、古生物特征上进行全盆地追踪对比。

(2)东营盆地中、上始新统发育六类沉积体系。盐湖期以碳酸盐岩体系发育为特征;咸化深湖期即最大扩张期,发育各类沉积体系,特别是以泥质细粒沉积物为主的湖相体系的广泛发育是其显著特点,同时伴有重力流体系发育;淡化浅湖期,发育三角洲和河流体系。在湖盆演化的不同时期,随着河水注入量的增加,盐度不断降低。

(3)半地堑盆地充填具有不对称性。盆地沉降中心和沉积中心的不协调性,造成补偿沉积区和非补偿沉积区在同一盆地中存在。盆地陡坡带堆积了粗粒的冲积扇体系沉积物;缓坡带则为滨浅湖相砂岩;轴向上是三角洲体系发育的有利场所。

(4)陆相盆地虽然具有多物源的特点,但是轴向物源区常成为盆地充填的主体(如东营盆地),轴向沉积体系的发育轨迹与盆地沉降中心的迁移轨迹相一致,代表了沉积中心的迁移方向,造成盆地内沉积物分布的差异。

(5)与海相盆地相比,陆相盆地面积小,地形差异大,近物源、多物源,因而湖水面的波动对盆地沉积物的影响较少。局部构造作用和物源供给量的变化,对沉积物的影响较大,如东营盆地东部和南部沉积间断的出现则与此密切相关。在分析陆相盆地充填演化的影响因素时,除考虑基准面变化外,更应重视沉降速率和沉积物供给量变化的研究。

参 考 文 献

- [1] Van Wagoner J. C. et al., 1990, Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies, AAPG methods in exploration services, No. 7.
- [2] Hamblin A. P., 1992, Half-graben lacustrine sedimentary rocks of the lower carboniferous strathlorne formation, Horton Group, Cape Breton Island, Nova Scotia, Canada. *Sedimentology*, V. 39, p. 263-284.

Basin Evolution and Distribution of Lacustrine Systems in Middle and Upper Eocene, Dongying Basin

Cai Jingong Jiang Xiufang and Fan Cuntang

(Geological Research Institute, Shengli Petroleum Administration Dongying 257015)

Abstract

The sedimentary cycle in the middle and upper Eocene of Dongying basin is distinguished into five subsequences (DS1—DS5), six types of depositional systems and eleven facies, and divided into three evolution periods from bottom to top. Carbonatite system is extensively developed in the salt lake period (DS1); All types of sedimentary systems in the salt and deep lake period (DS2—DS3), however, lacustrine and gravity flow systems is mainly developed; Delta and fluvial systems in fresh and shallow lake period (DS4—DS5). Sediments in gentle slope is thin, evolving from carbonatite to littoral—shallow lacustrine and fluvial facies sandstones. Sediments in steep slope is thick, evolving from pluvial fan facies sandy conglomerate to delta facies and braided delta facies sandstones. It represent asymmetry of the filling and evolution of the half—graben basin. The delta system developed along the axis of the basin and prograded basinwards, resulting in the migration of the depocentre from east to west and forming main basin filling.

Key words: Subsequence depositional systems distribution basin evolution