

文章编号: 0253-9985(2009)01-0033-08

渤海湾盆地埕岛地区东营组沉积特征 及其油气地质意义

吴光华^{1,2}, 王红亮³, 林会喜², 汪生好³, 高小鹏³

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;

2. 中国石油化工股份有限公司 胜利油田分公司, 山东 东营 257015; 3. 中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 在岩心、钻测井、地震资料综合分析的基础上, 确定渤海湾盆地埕岛地区东古近系在营组发育有较深水湖- 浊积扇、扇三角洲- 滑塌浊积扇、辫状三角洲、低弯度河- 泛滥平原等沉积体系, 并分析了其沉积相构成及特征。结果显示, 古近系东营组沉积前的古地貌特征对东营组下部沉积具有明显的控制作用。在层序格架内沉积相构成分析的基础上, 明确了沉积相的空间展布特征, 并从储集砂体类型、储集砂体的分布位置、有利发育层系及空间展布特征等方面明确了沉积特征研究的油气地质意义。

关键词: 古地貌; 浊积扇; 沉积相; 东营组; 埕岛地区; 渤海湾盆地

中图分类号: TE121.3 文献标识码: A

Sedimentary features of the Dongying Formation in Chengdao area and their geological significance

Wu Guanghua^{1,2}, Wang Hongliang³, Lin Huixi², Wang Shenghao³, Gao Xiaopeng³

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China; 2. SINOPEC Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong 257015, China; 3. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The exploration focus in the Dongying Formation of Chengdao area, the Bohai Bay Basin is stratigraphic lithologic reservoirs, to which the key is a correct understanding of deposition characteristics of reservoir sandbody. A comprehensive analysis of core, drilling/ logging, and seismic data of the area, confirms the existence of sedimentary systems such as deeper lake turbidite fan, fan delta, slump turbidite fan, braided delta, low-sinuosity stream flood plain, and etc, and provides insights into the composition and features of these sedimentary facies. The results indicate that palaeogeomorphic characteristics before the deposition of the Dongying Formation show a strong controlling effect upon the deposition of the lower Dongying Formation. Based on sedimentary facies analysis within the sequence stratigraphic framework, the paper discusses the spatial distribution of these sedimentary facies and the petroleum geologic significances of the study on sedimentary features in such aspects as the types and distribution of reservoir sandbody, favorable strata, characteristics of spatial distribution, and so on.

Key words: paleo-morphology; turbidite fan; sedimentary facies; Dongying Formation; Chengdao area; Bohai Bay Basin

埕岛地区位于渤海湾南部水深 0~18 m 的浅海海域, 构造位置上位于渤海湾盆地济阳坳陷与渤中坳陷交汇区域, 其南以埕北断层与埕北凹陷相接, 东南以断层与桩东凹陷毗邻, 东北以斜

坡带向渤中凹陷过渡, 具体包括埕北低凸起和埕北凹陷的东南端、渤中凹陷西南段、桩东凹陷及沾化凹陷的东北缘 5 个二级构造单元的部分区域^[1] (图 1)。该区已在潜山披覆构造上发现亿吨

收稿日期: 2008-11-05。

第一作者简介: 吴光华(1963—), 男, 高级工程师, 石油地质综合研究。

基金项目: 国家自然科学基金项目(40672078)。

级的新近系埕岛油田。但随着勘探程度的不断加大,本区勘探重点已由潜山披覆构造主体转向斜坡带,由新近系转向古近系(主要是东营组),由构造油藏转向构造-岩性油藏、岩性油藏。而岩性油藏勘探的关键是对储集砂体沉积特征与分布的正确认识。但由于埕岛地区所处特殊的区域构造位置,对古近系沉积特征缺少系统研究。

利用沉积学^[2]及层序地层学理论与技术^[3~8],系统研究埕岛地区古近系东营组沉积相及层序格架内的沉积体系分布,查清不同物源区、不同类型砂体的时空展布规律,对埕岛地区进一步的油气勘探具有重要意义。

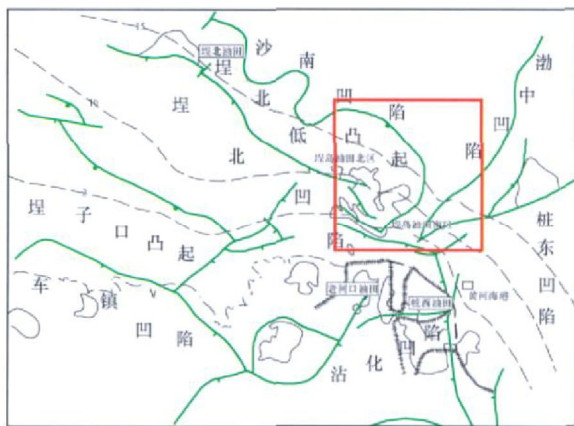


图1 埕岛地区构造位置示意图

Fig. 1 Structural location of the Chengdao area

1 沉积体系类型及其特征

1.1 较深水湖-浊积扇体系

该沉积体系又可分为两种类型,一种是以较深水相暗色泥质岩为主,浊积扇体较少或不发育的沉积体系,以较闭塞环境下形成的深灰色油泥岩、泥岩为主,局部夹薄层的浊积成因的粉砂岩、砂岩;另一种以发育较深水湖相的厚层深灰色泥岩夹较厚层浊积扇体砂岩、砾质砂岩为主。后者根据其发育的古地貌背景,又可分为两种类型,即缓坡浊积扇和陡坡浊积扇。

缓坡浊积扇主要发育在埕岛东部斜坡区,由埕岛凸起提供物源,沿斜坡上的沟谷向盆地输送碎屑物质,在斜坡下部较平缓位置形成浊积扇。浊积扇一般由供给水道和扇体两部分构成。供给水道主要发育在斜坡位置,早期为输送碎屑物质的通道;随着水体范围的扩大、砂体退积而被粗碎屑物质充填形成浊流水道;岩性主要由砾状砂岩、砂岩组成,砂岩具块状结构,顶底与上、下湖相泥岩突变接触,厚度可达数十米;测井曲线为箱形特征;地震剖面上表现为沟谷部位的双向上超反射特征(图2)。位于盆地低洼处的浊积扇,表现为多个砂体的侧向叠置,扇体形态明显,主要由浊流水道和席状砂两

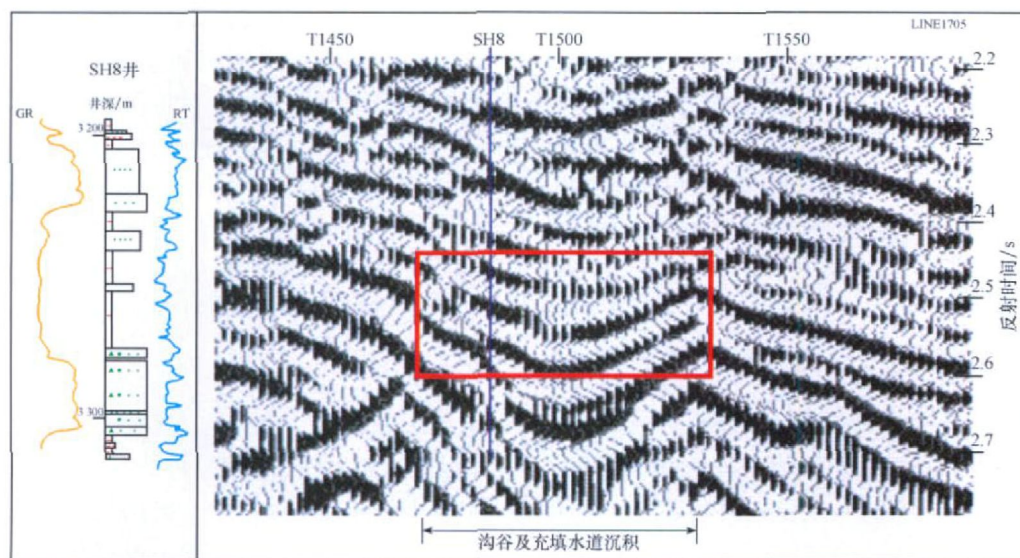


图2 充填浊积水道的钻、测井及地震响应

Fig. 2 Drilling-log, log and seismic responses of turbidite channel filling

部分组成。浊流水道表现为多个水道的垂向叠置,岩性以砾状砂岩、粗-细砂岩为主;层理不发育,局部含泥砾,部分发育有鲍马层序的AB段或ABC段,顶部的粉砂岩、泥质粉砂岩中出现波状层理,层面富含碳屑;与上、下深灰色泥岩呈突变接

触^[9];测井曲线上块状箱形特征明显(图3)。浊积席状砂岩性以细砂岩、粉砂岩为主,块状层理,局部发育波状或波状交错层理,含暗色泥砾,层面含碳屑。浊积扇体在地震剖面上表现为较强振幅的前积反射或双向下超的透镜状反射特征(图3)。

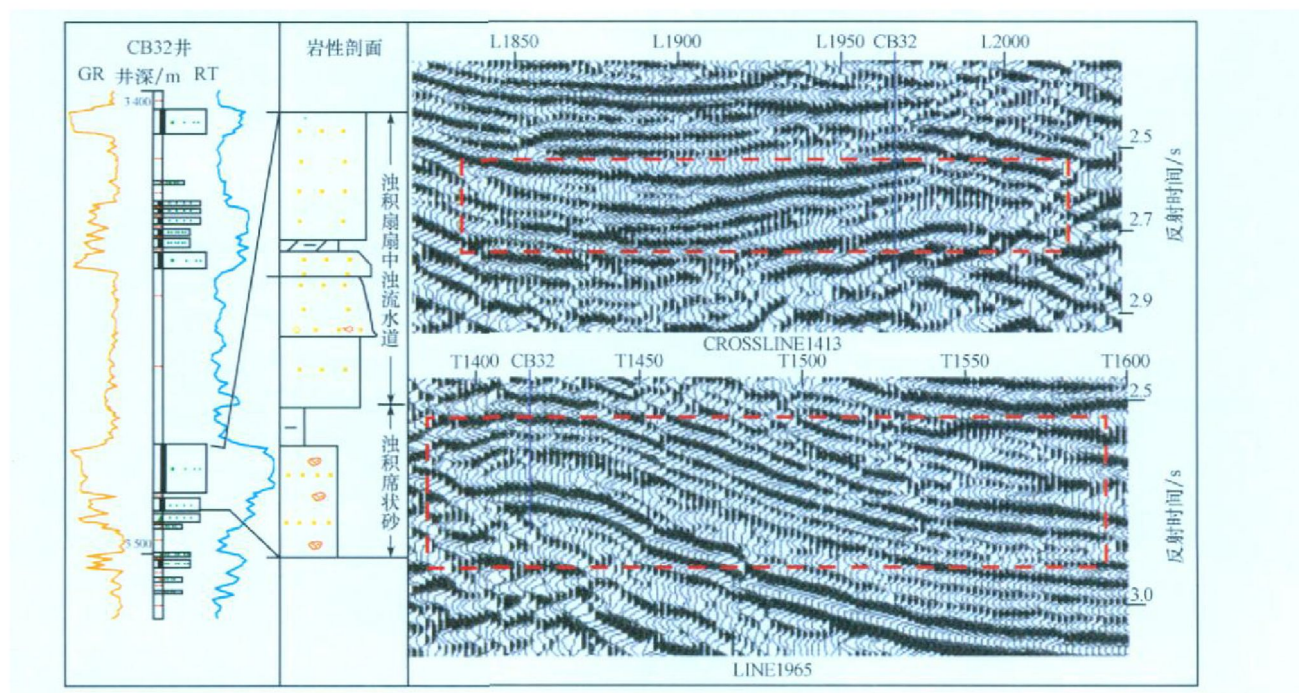


图3 缓坡浊积扇的钻、测井及地震响应特征

Fig. 3 Drilling-log, log and seismic responses of gentle slope turbidite fan

陡坡浊积扇主要发育在研究区南部埕北断层下降盘,由于断层的活动,粗碎屑物质直接进入断层下盘的较深水体中形成浊积扇体,不发育缓坡浊积扇的供给水道。陡坡浊积扇体在研究区主要呈单个扇体的形态,规模一般较小。钻井剖面上为夹于厚层较深水暗色湖相泥岩中的砂质沉积,顶、底突变接触;单层厚度一般不大,岩性以粗砂岩、细砂岩、粉砂岩为主,测井曲线上呈锯齿状箱形特征;地震剖面上多表现为单个同相轴的前积反射或透镜状反射特点(图4)。

1.2 扇三角洲-滑塌浊积扇体系

扇三角洲为冲积扇入湖形成的粗碎屑沉积体^[4]。研究区扇三角洲主要发育在南部,为西南桩海地区的扇三角洲向埕岛地区的延续;在埕岛南部主要以发育扇三角洲前缘为主,越过低凸起以后,在低凸起上则以前扇三角洲沉积为主。同时扇三角洲前缘在坡度较陡部位发生滑塌作用,沿埕北30构造带西北侧的沟谷被搬运到斜坡及

其以下的相对低洼部位沉积,形成滑塌浊积扇体。

研究区发育的扇三角洲前缘岩性主要为砾状砂岩、砂岩与灰绿色泥岩互层,发育有前缘辫状分支河道、河口坝和席状砂等多种砂体类型。岩心观察表明,前缘辫状分支河道为多个呈正韵律的河道垂向上相互切割叠置而成的复合体,呈典型的辫状河道特点;岩性为砾状砂岩、粗砂岩、中砂岩、细砂岩至粉砂岩均有发育;河道主体发育大型槽状交错层理,顶部的粉砂岩层面富含碳屑,显水平纹层;河道侧翼或远端岩性相对较细,以细砂岩为主,顶部出现泥质粉砂岩或粉砂质泥岩,发育有低角度交错层理、平行层理、层面富含碳屑;河道间沉积以灰绿色的粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为主,含大量的炭屑,水平纹层发育;测井曲线上多以小规模箱形特征为主(图5)。河口坝表现出典型的反韵律特征,测井曲线上呈漏斗形-箱形特征。席状砂以中、细砂岩为主,测井曲线上表现为齿形或指状特征。扇三角洲前缘砂体地震剖面上多表现为前积反射或丘状反射特征。前扇三角洲

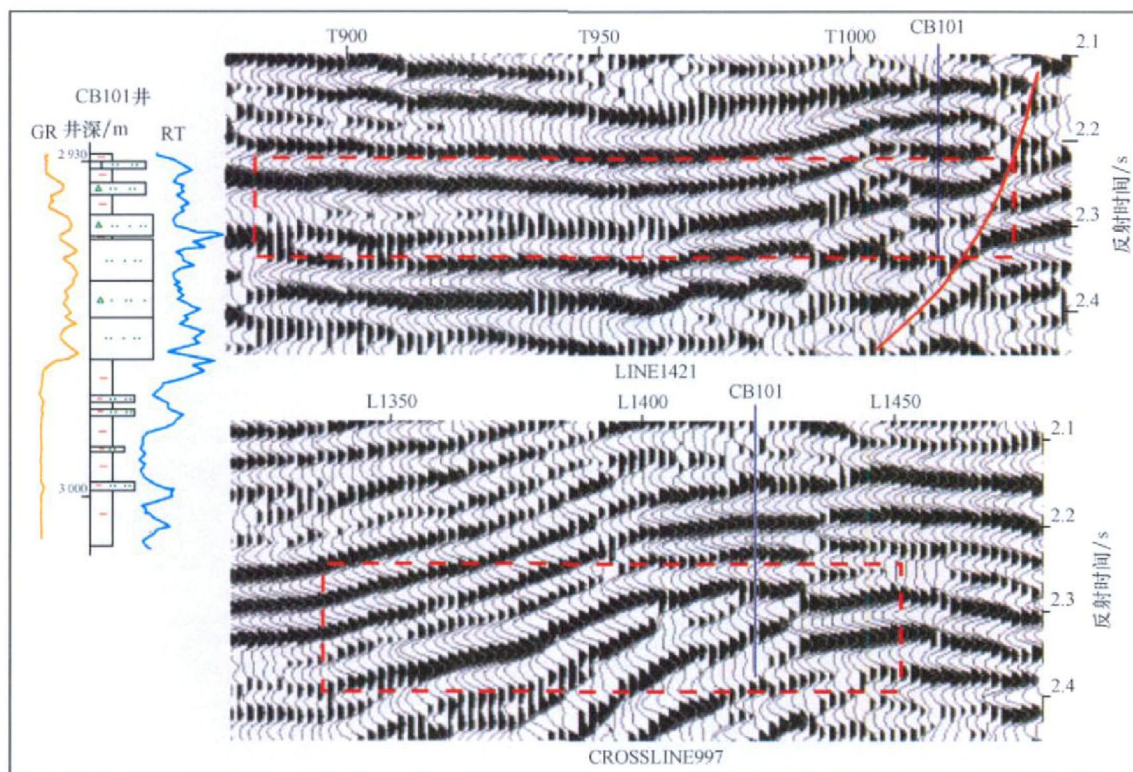


图4 陡坡浊积扇的钻、测井及地震响应特征

Fig. 4 Drilling-log, log and seismic responses of steep slope turbidite fan

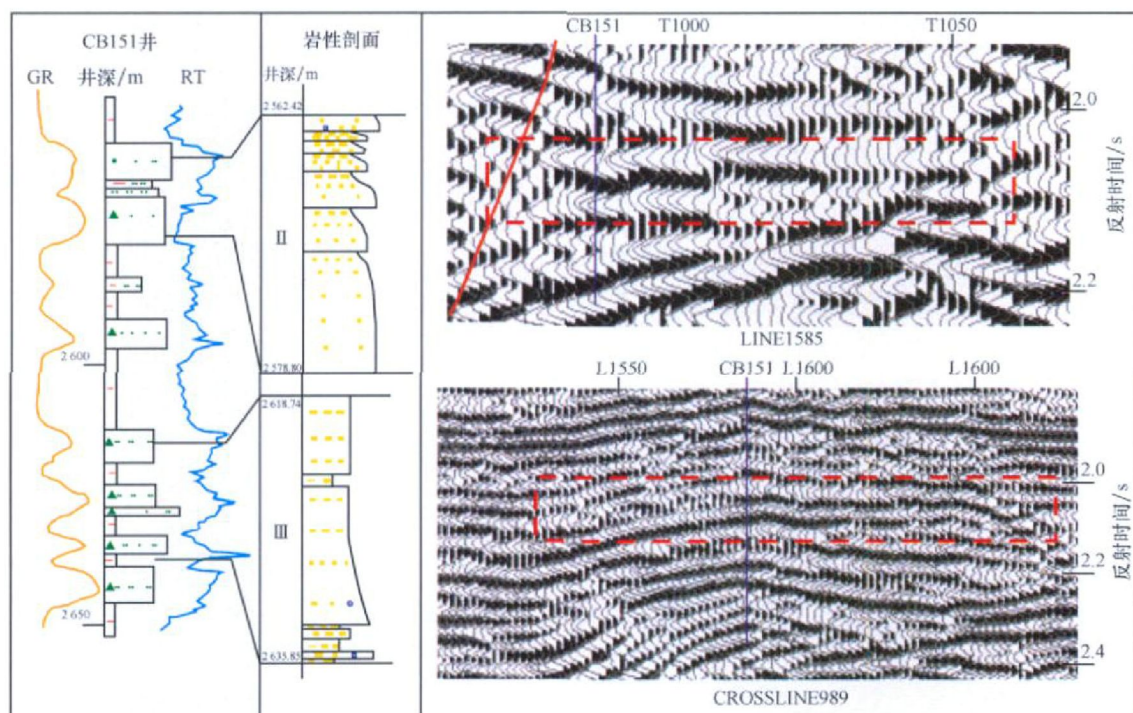


图5 扇三角洲前缘辫状河道的钻、测井及地震响应特征

Fig. 5 Drilling-log, log and seismic responses of braided channel at the front of fan - delta

亚相主要以厚层的暗色泥岩为主,局部夹薄层的细砂、粉砂岩,其在地震剖面上与湖相泥岩已不易区分。

1.3 辫状三角洲体系

指来自埕东凸起的辫状河入湖所形成的遍布

全区的三角洲沉积, 层位上主要发育在古近系东营组二段上部。钻、测井剖面上为厚层砂砾岩、砾状砂岩、砂岩夹薄层泥质沉积; 垂向上呈反韵律, 为典型的进积- 加积叠加样式; 下部以河口坝沉积为主, 上部主要以辫状分流河道沉积为主; 测井曲线上表现为漏斗形- 箱形组合(图 6); 岩性剖面上辫状分流河道表现为多个砂体的垂向叠置; 单个砂体呈正韵律, 以发育大型槽状交错层理为主。地震剖面上表现为较平缓的大型的叠瓦状前积反射结构, 反映辫状三角洲前缘的推进过程; 横剖面上, 具有多个透镜状侧向叠加反射结构, 反映了辫状三角洲不同朵叶体的侧向迁移叠置特征。

1.4 低弯度河- 泛滥平原体系

主要发育在古近系东营组一段, 为一套遍布全区的砾状砂岩、砂岩与灰绿色、棕红色泥岩互层沉积; 发育有低弯度河道、决口河道- 决口扇砂体和泛滥平原泥质沉积。低弯度河道在钻井剖面上呈典型“泥包砂”结构; 岩性剖面上表现为多个正韵律砂体的相互叠置, 发育有大型槽状交错层理、平行层理(图 7); 测井曲线多呈箱形特征; 地震

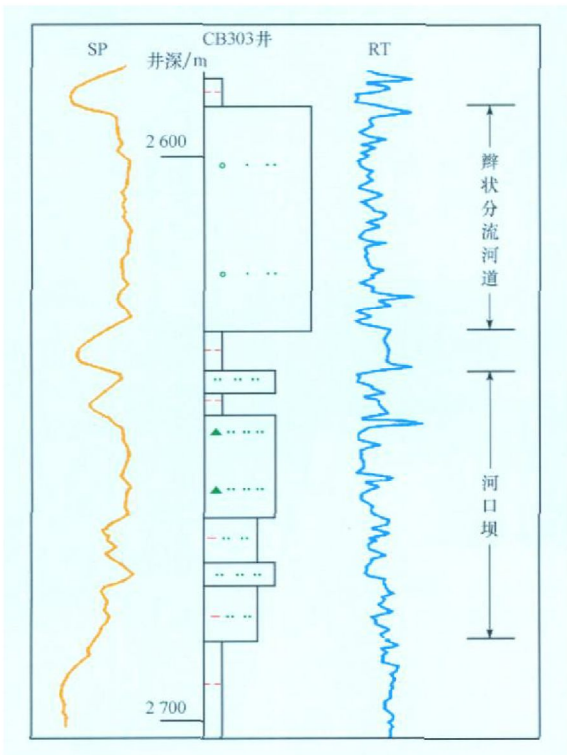


图 6 辫状三角洲前缘的钻、测井特征
Fig. 6 Drilling-log and log responses of the front of braided delta

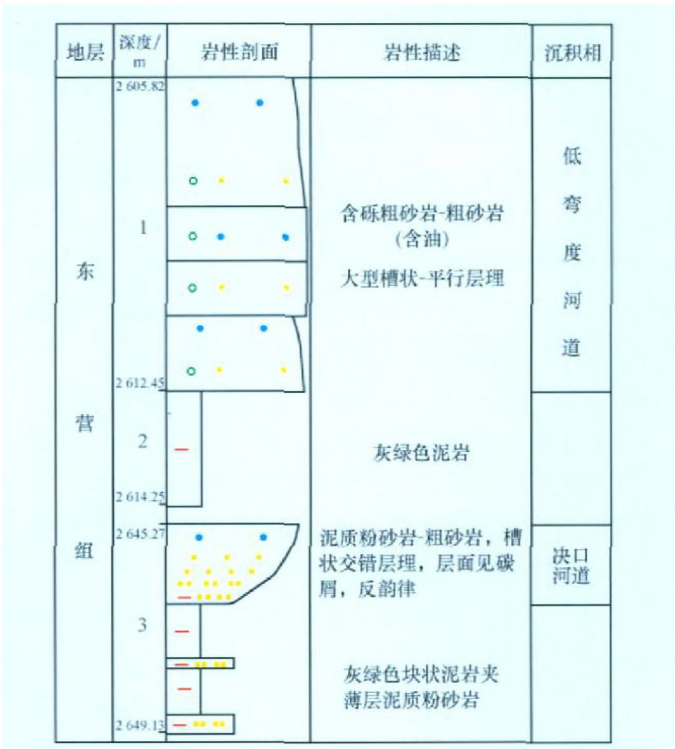


图 7 低弯度河的岩心响应特征

Fig. 7 Description of cores from low-sinuosity stream
剖- 决口扇为典型反面上为透镜状反射。决口河道韵律或块状特征, 岩性为泥质粉砂岩- 粗砂岩; 发育有交错层理, 局部层面含碳屑及少量的暗色泥砾(图 7); 测井曲线上为漏斗形或齿状; 地震剖面上显示为透镜状或叠瓦状反射。

2 古地貌特征及其对沉积的控制作用

在古近系东营组沉积之前, 研究区大的地貌单元有潜山高地(包括埕岛潜山和埕北 30 潜山) 斜坡(研究区的东部斜坡区) 和断阶(埕北断裂带的东南端) 和洼陷区, 这些大的地貌单元控制着研究区古近系东营组下部沉积体系及沉积相的分布。

研究区潜山高地为埕岛潜山的东部部分, 为向东、向北缓倾的斜坡, 与下部的斜坡区过渡。埕岛潜山为研究区古近系东营组下部的沉积提供了物源。正是由于埕岛潜山的存在, 才能在潜山的四周发育多种类型的扇体, 为该区古近系东营组下部储集层的形成奠定了物质基础。另外, 潜山上发育的沟谷为碎屑物质进入潜山下部的斜坡区提供了通道。埕北 30 潜山的存在使沿沟谷输送而来的碎屑沉积物沉积的范围受限, 使碎屑沉积物的展布范围更多地向北延伸。

潜山下部的斜坡区是古近系东营组下部碎屑沉积物的主要卸载区域,沿沟谷搬运而来的碎屑沉积物在此沉积形成缓坡浊积扇体或滑塌浊积扇体。该地貌单元之上有发育一些次级的地貌单元,如坡折带、沟谷等^[10]。这些次级地貌单元进一步控制了沉积相的分布及沉积区的范围。如在坡折带及其以下位置,往往是沉积物的卸载区,也是粗碎屑沉积物较发育的区域;在坡折带以上的位置,粗碎屑沉积物很少沉积,往往是剥蚀区或沉积物过路区。在沟谷发育的位置,往往早期是碎屑物质进入盆地的通道,晚期被充填形成供水道沉积;在沟谷的出口,是粗碎屑物质卸载堆积位置,往往堆积形成浊积扇体沉积。

埕北断裂带的东南端断阶控制了研究区南部陡坡浊积扇的发育。由于断层的活动,使上升盘的沉积物直接进入下降盘,在下降盘形成陡坡浊积扇体。由于多个断层的活动,在研究区南部形成了多个陡坡浊积扇体^[11]。

洼陷区主要以较深水湖相沉积为主,局部发育有浊积扇沉积。

3 主要层序沉积相构成与分布特征

依据高分辨率层序地层学原理与方法^[12],将古近系东营组划分为4个层序,自下而上命名为S4、S3、S2、S1。各层序的地层发育及沉积相构成具有明显不同的特征(图8)。

3.1 层序S4

该层序处于古近系东营组发育的初始阶段。此时,断裂活动不发育,湖盆基底沉降缓慢,水体相对闭塞,外来物质的加入很少,湖盆的分布范围也相对局限。只是在斜坡下部的区域存在该套地层,厚度不大,但向东、向北的洼陷区地层有加厚趋势。该层序主要发育一套深灰色泥岩、油泥岩沉积;泥岩颜色虽深,但水体不一定深,水体较静,应为湖水相对平静状态下的浅湖—较深湖沉积。砂体不发育,在CB32井区附近发育有物源可能来自于埕北30潜山上的浊积砂体沉积,但推测其分布范围较局限。

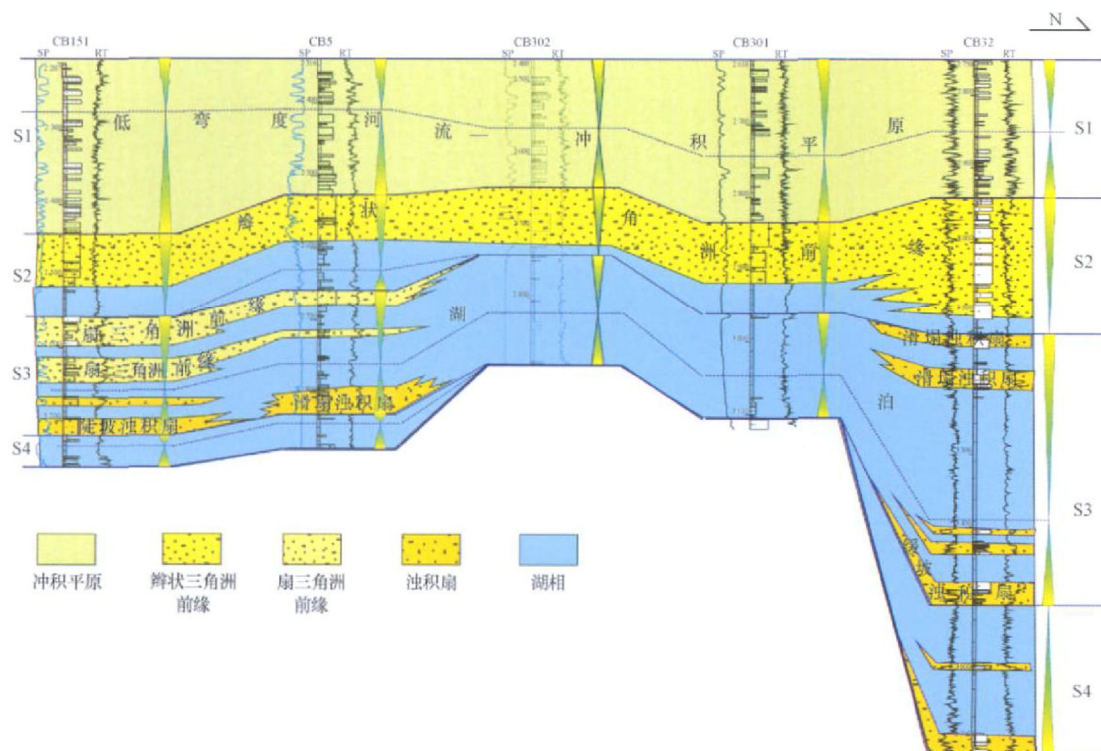


图8 埕岛东部CB151井—CB32井(近南北向)东营组层序及沉积相对比剖面

Fig. 8 Correlation of sequences and sedimentary facies of the Dongying Formation in the CB151-CB32 wells, eastern Chengdao

3.2 层序 S3

此时, 断裂活动加剧, 盆地基底快速沉降。同时, 由于断裂的活动, 导致潜山上物源区容易发生风化作用, 大量的碎屑物质的风化剥蚀, 被雨水携带, 沿潜山上的沟谷被搬运而进入湖盆, 导致湖水面的迅速上升而发生水进作用。同时, 大量碎屑物质在斜坡下部相对平缓地区沉积而形成浊积扇体。随之发生古近纪东营期的最大水进作用, 形成以厚层暗色泥岩为主的最大洪泛面沉积。之后, 由于构造活动趋缓, 基准面开始下降, 研究区开始发生湖盆的充填作用, 来自西南部的大型扇三角洲开始影响本区。

因此, 在基准面上升期(古近系东营组 IV 砂组沉积时期), 研究区主要受埕岛潜山自身物源影响, 碎屑沉积物直接被搬运进入较深水湖区, 形成较深水湖—浊积扇沉积体系。由于古地形特征的不同, 形成的浊积扇体的特征也存在差异。研究区南部由于受埕北断层东南端断层活动影响, 在较深水湖相背景下, 碎屑沉积物直接进入断层下降盘的较深水湖水体中而形成陡坡浊积扇。在研究区北部的缓坡背景上, 发育有多条沟谷, 碎屑沉积物沿沟谷被携带到斜坡下部的较深水区域中沉积而形成缓坡浊积扇体(9a)。

基准面下降期(古近系东营组 III 砂组沉积时期), 斜坡上沟谷基本填平, 研究区主要受来自南部埕东凸起的大规模的扇三角洲的影响。由于南部物源碎屑供应充足, 扇三角洲扇体砂体推进距离远, 规模大, 几乎覆盖大半个研究区。扇三角洲越过潜山后, 在埕北 30 潜山西侧沟谷一带, 由于地形相对低洼, 同时, 坡度较陡, 前缘的沉积发生滑塌作用, 沿沟谷被搬运至埕北 30 潜山北侧的斜坡下部发生沉积, 形成滑塌浊积扇体。埕岛潜山自身的物源已较小, 仅在研究区的西北角 CB802—SH 10—CBG403 井一带形成缓坡浊积扇体(图 9b)。

3.3 层序 S2

该层序整体上处于古近纪东营组湖盆演化的收缩期, 上升期仅在近凹陷中心部位有发育, 主要为湖相泥质岩沉积。下降期物源来自于南部的埕东凸起的辫状河三角洲沉积体系覆盖整个研究区, 粗碎屑沉积发育, 砂砾岩、砂岩的厚度一般为 50~ 150 m 左右。研究区南部厚层含砾不等粒砂岩发育, 北部沉积物粒度变细, 以发育细砂岩、粉砂岩为特征; 同时, 砂层厚度也呈南厚北薄、东厚西薄的特征, 反映了该辫状三角洲体系的沉积特点受距物源区的远近及斜坡古地形的影响。

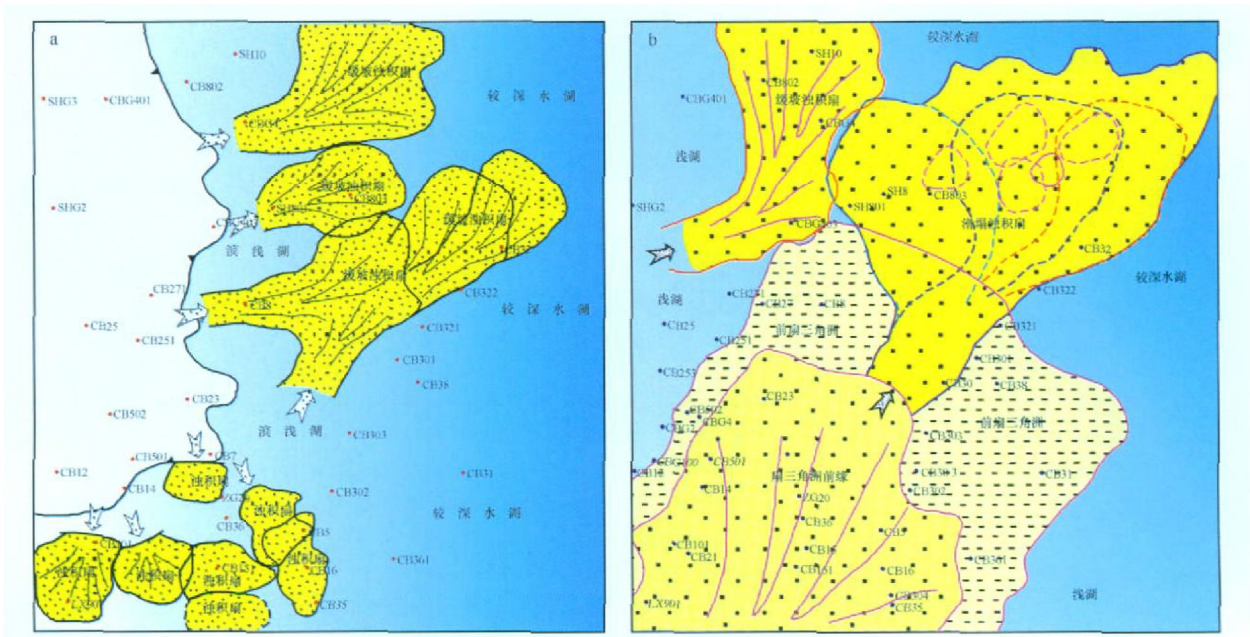


图 9 埕岛东部古近系东营组层序 S3 沉积相分布
Fig. 9 Distribution of S3 sedimentary facies in the Dongying Formation of the eastern Chengdao
(a. 上升半旋回; b. 下降半旋回)

3.4 层序 S1

在古近系东营组沉积的晚期,由于东营组长期基准面的持续下降,该区已演变成为河流沉积。沉积物粒度较粗,河道化明显,表现为低弯度河流-泛滥平原沉积体系。由于此前下部地层的填平补齐作用,全区地层厚度差异已不大,一般为200 m左右。在该层序的基准面上升期,低弯度河道及决口河道/决口扇沉积发育,砂体厚度相对较大;下降期,河道相对不发育,以发育冲积平原泥岩为特征;在上升与下降的转换位置,即具有最大可容纳空间的位置,发育一套暗色的泛滥平原泥岩为主的沉积。

东营组整体处于湖盆演化的断-坳过渡阶段,以湖盆的萎缩及粗碎屑沉积物的沉积充填作用为主。早期由于断层活动,湖盆以发育较深水湖相沉积为主,局部发育浊积扇沉积;中期断层活动减弱,三角洲充填作用增加,以发育扇三角洲和辫状三角洲沉积为主,局部由于地形等因素影响,三角洲前端可发育一定规模的滑塌浊积扇沉积;晚期则以低弯度河流-泛滥平原沉积覆盖全区。

4 油气地质意义

1) 对岩性地层油气藏而言,有利的储集砂体是缓坡浊积扇、陡坡浊积扇、滑塌浊积扇及扇三角洲前缘砂体。

2) 陡坡带发育陡坡浊积扇,缓坡带发育缓坡浊积扇。斜坡上的沟谷为输送沉积物的通道,也是

浊流充填水道砂体发育的有利区;斜坡下部为沉积物主要卸载区,也是浊积扇砂体发育的有利地区。

3) 层序 S3(Ⅲ砂组和Ⅳ砂组)内部是利储集砂体发育的主要层系,因而也是岩性油气藏勘探的有利层系。

参 考 文 献

- 1 孔凡仙. 埕岛油田地质与勘探实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000
- 2 吴崇筠, 薛叔浩. 中国含油气盆地沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992
- 3 邓宏文, 王红亮, 祝永军, 等. 高分辨率层序地层学——原理及应用[M]. 北京: 地质出版社, 2002
- 4 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89~97
- 5 鲁国明, 刘魁元. 济阳坳陷高凸起斜坡带新近系油气成藏与勘探实践[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 258~262
- 6 张善文. 济阳坳陷第三系隐蔽油气藏勘探理论与实践[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 731~740, 761
- 7 韩文功, 张建宁, 王金铎. 济阳坳陷隐蔽圈闭识别与精细描述[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 849~859
- 8 靖辉, 张晓武, 赵铭海. 新近系馆陶组上段储层预测方法——以济阳坳陷沾化凹陷垦东北部地区为例[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(3): 401~406
- 9 袁向春, 钟建华, 高喜龙, 等. 埕岛东斜坡水下扇沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 146~151
- 10 陈广军, 宋国奇, 王永诗. 斜坡带低位扇砂岩体岩性油气藏勘探方法[J]. 石油学报, 2002, 23(3): 34~38
- 11 邓宏文, 王洪亮. 古地貌对陆相裂谷盆地层序充填特征的控制[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 293~296
- 12 邓宏文, 王洪亮, 李熙哲. 层序地层地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177~184

(编辑 陈喜禄)

《石油与天然气地质》期刊再次入编 《中文核心期刊要目总览》

据《中文核心期刊要目总览》2008年版编委会审定,《石油与天然气地质》期刊入编《中文核心期刊要目总览》2008年版(即第五版)之石油、天然气工业类的核心期刊。

《中文核心期刊要目总览》每4年出版一次,从1992年起已出版过4版,主要是为图书情报部门对中文学术期刊的评估与订购、为读者导读提供参考依据。评选核心期刊的工作,是运用科学方法对各种刊物在一定时期内所刊载论文的学术水平和学术影响力进行综合评价的一种科研活动。本版核心期刊定量评价,采用了被引量、被摘率、影响因子、获国家奖或被国内外重要检索工具收录、基金论文比、Web下载量等9个评价指标,涉及期刊12400余种,5500多位学科专家参加了核心期刊的评审工作。经过定量评价和定性评审,从我国正在出版的中文期刊中评选出1980余种核心期刊,分属七大编73个学科类目。该书由各学科核心期刊表、核心期刊简介、专业期刊一览表等几部分组成,不仅可以查询学科核心期刊,还可以检索正在出版的学科专业期刊,是图书情报等部门和期刊读者不可或缺的参考工具书。

(李 军)