

文章编号:1000-0550(2001)03-0368-07

沾化凹陷东部长堤地区下第三系沉积体系研究

国景星¹ 戴启德² 徐 炜²

1 (中国矿业大学 江苏徐州 221008)

2 (石油大学石油资源科学系 山东东营 257061)

摘 要 综合运用地质、测井、地震及分析化验等资料,对沾化凹陷东部长堤地区下第三系沉积体系进行了较为全面系统的研究,认为长堤地区下第三系发育有水下扇、滨浅湖滩坝、扇三角洲、浊积和辫状河等5类沉积体系。并阐述了各类沉积体系在本区的亚相、微相类型及其特征,系统分析了早第三纪不同阶段的沉积相类型及其分布特征,探讨了不同时期物源区及古水流流向,总结了垂向上沉积体系的演化等。

关键词 沾化凹陷 长堤地区 下第三系 沉积体系 沉积亚相 沉积微相

第一作者简介 国景星 男 1963年出生 副教授 油气储层地质学、石油地质学

中图分类号 TE121.3 **文献标识码** A

1 地质概况

沾化凹陷位于济阳拗陷的东北部,北以义南、义东、埕东断层为界,东至垦东凸起,向南地层区域性抬升,超覆过渡到陈家庄凸起,总体上为北东走向、呈北断南超的断陷构造格局^[1],面积约2800 km²。位于该凹陷东北部的长堤地区在构造上属于桩西-孤东潜山披覆构造带中偏南部地区,西以五号桩断层为界,向东倾入桩东凹陷,面积约160 km²(图1)。该地区钻遇的早第三纪地层由老到新依次为:沙三段、沙二段、沙一段、东营组,岩性及分布特征如表1。

2 沉积体系类型及特征

长堤地区处于沾化凹陷的东部边缘,其沉积体系明显受到构造运动的控制,其中,主要受五号桩断层和

长堤断层分期差异性活动的控制,以及一系列北东向小断层的影响。根据岩心观察、粒度分析、地震及测井资料综合分析认为,长堤地区下第三系主要发育有五大沉积体系:近岸水下扇沉积体系、滩坝沉积体系、扇三角洲沉积体系、浊流沉积体系和河流沉积体系等五大类。

2.1 水下扇沉积体系

该沉积体系在长堤地区主要发育在沙三、沙二段沉积期,此时长堤潜山整体位于湖平面之上(又称长堤低凸起),西部边缘的长堤断层附近形成陡坡水下扇,南部地形坡度较缓,形成缓坡水下扇。根据对沙三、沙二段取心井的观察及平面上砂砾岩体分布等特征,可将水下扇分为扇根、扇中和扇缘三个亚相,其中扇中又可细分为辫状水道、水道间和过渡带三个微相,相模式见图2。

表1 长堤地区早第三纪地层分布及岩性

Table 1 The strata characteristics of Paleogene in Changdi region

系	组(段)	岩 性	分 布	厚 度
下 第 三 系	东营组	上部:大套含砾砂岩夹泥岩 下部:灰色泥岩,灰质泥岩夹砂岩	全区	一般在400~800m
	沙一段	油页岩,油泥岩,灰质泥岩夹灰岩, 白云岩	全区	一般介于80~170m
	沙二段	灰、灰绿色泥岩夹砂岩	西部边缘	一般在0~30m
	沙三段	大套灰色泥岩、油页岩,夹砂岩、含 砾砂岩、粉砂岩	西部及南部 地区	一般在0~300m

2.1.1 扇根亚相

扇根位于扇体顶端, 正对凸起的沟口, 向下呈喇叭形展开, 中间部位常是凸起上沟谷向下延伸的一条主水道, 岩性较粗, 以砾岩、含砾砂岩为主, 泥岩夹层少且薄, 层理不明显, 底面常为冲刷面或岩性突变, 向上略显正粒序或厚层块状, 层理不明显, 颗粒分选差, 反映强水流和快速堆积的特点; 电性特征⁽²⁾上, 自然电位曲线呈低幅齿状。

2.1.2 中扇亚相

位于扇根前方, 呈扇形, 面积占整个扇体的 60%~70%, 是砂层厚度最大的部位, 砂层总厚度一般大于 10 m, 单砂层最大厚度一般大于 3 m, 砂(砾)岩层厚度

系数一般大于 20%。砾岩、含砾砂岩较扇根减少, 而泥岩夹层增多, 且以浅灰、灰绿色泥岩为主, 夹少量深灰色泥岩, 含浅水介形虫化石。由上游向下游泥岩厚度增大, 颜色变深。扇中是水下辫状水道最发育的部位, 可细分为三个微相。

(a) 辫状水道微相

岩性特征及相层序: 以含砾砂岩至中细砂岩为主, 泥岩较扇根增多, 呈较明显的正韵律, 横剖面呈顶平底凸的透镜体, 相序见图 3(1)。

结构及构造特征: 底部冲刷面发育, 常见平行层理、中小型交错层理, 少量大型交错层理及块状层理, 构成多层叠加的砂岩层, 粒度概率曲线⁽³⁾以平缓的一

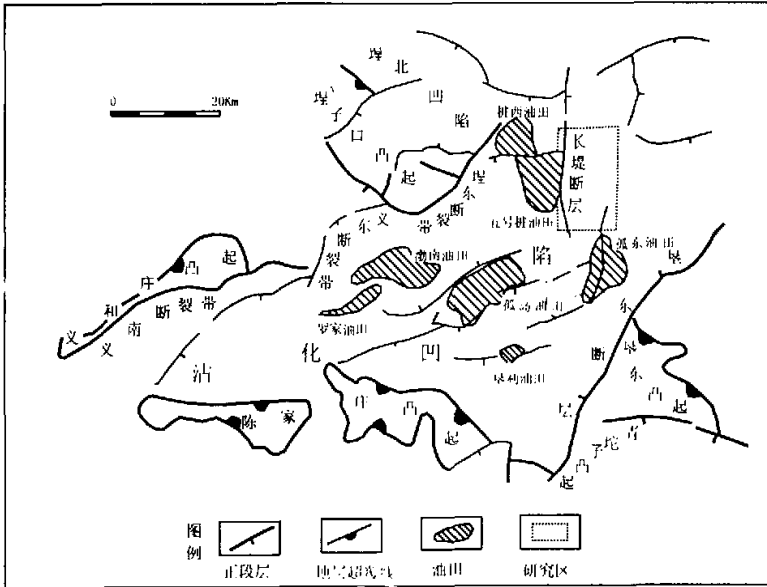


图 1 沾化凹陷及研究区位置略图

Fig. 1 The simplified map of the study area in Zhanhua sag

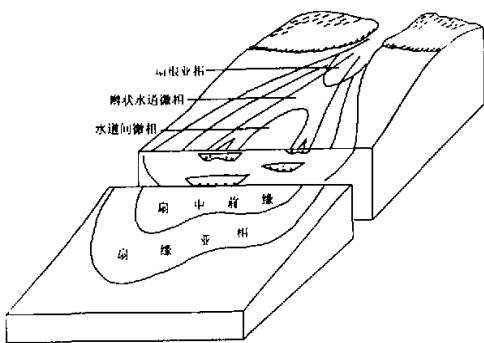


图 2 水下扇相模式图

Fig. 2 The facies model of the subsurface fan

段式、两段式为主(图 4)。

砂层厚度: 砂层累计厚度一般大于 25 m, 最大单砂层厚度一般大于 15 m, 砂层厚度系数一般大于 30%。

生物化石: 砂岩中偶见少量螺蚌个体或碎片, 泥岩中含介形虫化石。

测井曲线特征: 自然电位曲线呈微齿化箱状或漏斗箱状组合。

(b) 水道间微相

岩性特征: 以泥夹砂为主, 泥岩层数多, 颜色上浅灰、灰绿色。

结构与构造特征: 粒度由中扇后端向前端变细, 韵律性不明显, 有时略呈正韵律。

砂层厚度: 砂层厚度和单砂层厚度向扇体前端减

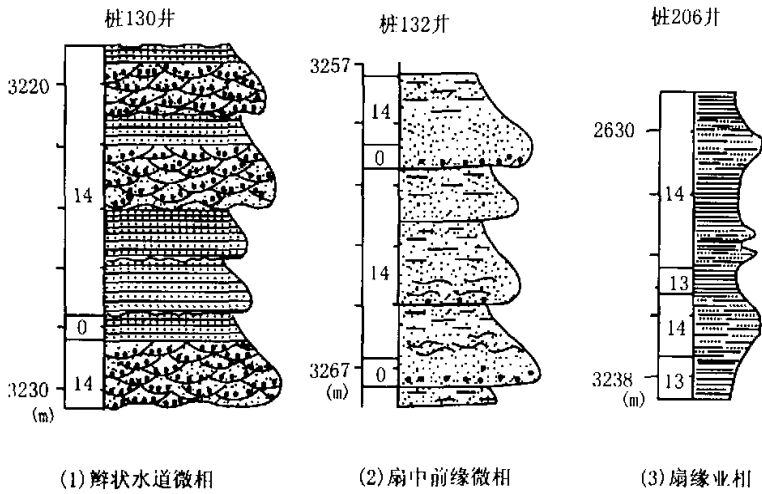


图3 水下扇扇中及扇缘亚相相序剖面

Fig. 3 The facies sequence of the middle-fan and fan edge subfacies in vertical profile

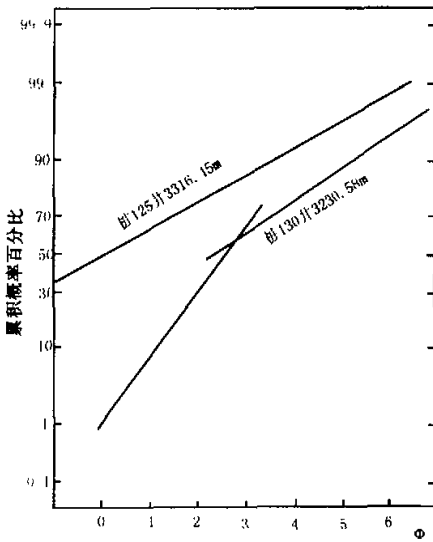


图4 长堤地区下第三系水下扇辫状水道微相粒度概率曲线特征

Fig. 4 Grain size probability diagram of braided channel microfacies

薄,砂层累计厚度一般10~20 m,单砂层最大厚度小于15 m,砂层厚度系数介于15%~30%之间。

生物化石:主要为螺蚌、介形虫、藻屑和少量脊椎动物骨片。

测井曲线特征:自然电位曲线呈对称齿状、指状或小型齿化钟形。

(c)扇中前缘微相

水道减少或基本消失,扇面坡度变缓,水体加深。

岩性特征及相层序:主要为细砂岩、粉砂岩、灰质砂岩和泥岩,泥岩以浅灰、灰色为主,相层序见图3(2)。

结构与构造特征:概率曲线为较平缓的二段式或三段式,砂岩中见小型交错层理、平行层理,泥岩中见水平层理,垂向上呈正韵律特点。

砂层厚度:砂层累计厚度5~15 m,最大单砂层厚度一般小于5 m,砂层厚度系数介于5%~15%之间。

生物化石:介形虫化石较丰富。

测井曲线特征:自然电位曲线呈中—低幅钟形、齿化漏斗形—钟形组合或不对称齿形。

2.1.3 扇缘亚相

位于扇中前方,已进入浅湖甚至半深湖区。

岩性特征及相层序:以泥岩为主,砂岩多以夹层出现,且以粉砂岩为主。泥岩以灰色、褐灰色和深灰色为主,质纯,偶见白云岩和油页岩薄层,相层序见图3(3)。

结构与构造特征:粒序不明显,可见波状层理、水平层理。

砂层厚度特征:砂层累计厚度一般小于10 m,单砂层最大厚度小于5 m,砂层厚度系数一般小于10%。

生物化石:含较多介形虫。

测井曲线特征:自然电位曲线多呈低幅指状或齿状,偶见小段反韵律曲线。

地震相(4)特征:近岸水下扇在地震剖面上与冲积

扇,扇三角洲的地震相类似,但近岸水下扇一般说来,其扇根部分相对较薄,而在扇中部位向湖盆方向加厚。由于它整体处于水下,其内部反射结构的成层性和连续性较好。

2.2 扇三角洲沉积体系

扇三角洲多发育在湖泊短轴方向上,距湖盆水体与物源区近,高差大,物源丰富^[5]。从湖盆的演化阶段来看,本区扇三角洲主要发育于东三段的早、中期。可将其分为三个亚相区,即扇三角洲平原亚相、扇三角洲前缘亚相和前扇三角洲亚相,其中主要发育前缘亚相。

扇三角洲前缘亚相,由入湖的辫状水道的水下分支河道和中扇的河口坝及席状砂两个微相组成。水下分支河道微相,砂层累计厚度一般大于15 m,最大单砂层厚度一般大于5 m,砂层厚度系数一般在10%~55%,岩性较粗,为砾状砂岩、中砂岩等,向前逐渐过渡为中细砂岩和细砂岩,河道内部为多层呈正韵律的砾—砂组成的叠合砂砾岩体,块状,发育大型交错和平行层理,自然电位曲线上表现为中—高幅齿化箱型、漏斗型—箱型组合等。泥岩多呈灰色、灰绿色,单层厚度一般在0~5 m。

2.3 滩坝沉积体系

从物质成分来看,滩坝有陆源碎屑滩坝(即砂质滩坝)和由湖内生物、鲕粒、内碎屑等碳酸盐物质组成的碳酸盐岩滩坝两种类型^[6]。砂质滩坝,物源来自附近的三角洲、扇三角洲和近岸水下扇等湖岸附近的较大砂体的再搬运,经湖浪淘洗干净而堆积,垂向剖面上表现为砂岩与泥岩频繁互层。而在沙一段沉积初期,长堤为一与湖岸有一定间隔的浅水台地,由于该时期陆缘碎屑物质供给相对较少,水体清澈,加之波浪作用的反复冲洗,非常有利于鲕粒、内碎屑和生物碎屑的堆积,因而形成碳酸盐岩滩坝,岩性上主要由砂屑灰岩、生物灰岩、鲕粒灰岩、白云岩等构成。

2.4 浊积沉积体系

本区的半深湖—深湖环境主要出现在沙一段上部至东三段下部,因而浊流沉积体系也仅在该时期发育。由于扇三角洲前缘砂体快速的侧向和垂向加积,厚度增大快,沉积物稳定性相对较差,在坡降较大处出现滑塌,形成浊积透镜体。可进一步细分为滑塌中扇和扇缘两个亚相。中扇以相对较厚的中细砂岩层夹薄层泥岩为主,扇缘为薄层砂、粉砂岩和半深湖泥岩的互层。

2.5 河流沉积体系

本区河流相沉积主要发育于东营组上部(即东二段上部及东一段),类型上属于辫状河沉积,为冲积扇—辫状河—扇三角洲沉积体系向湖不断推进后,使本

区完全位于湖平面之上的产物。该沉积体系的主要特点是:粒度较粗、砂泥比高,剖面上砂岩比例占60%~80%,自然电位曲线上呈中—高幅的箱形、箱形叠加等。相类型上可进一步细分为河道、河道边缘和道间沉积三个亚相,其中河道亚相可进一步细分为心滩和河道充填两个微相。

3 沉积体系的平面展布

3.1 沙三段沉积期

沙三段沉积早期,地层分布局限于西部边缘,主要由四个水下扇组成,自北向南依次为Z130井区水下扇、Z701井区水下扇、Z17井区水下扇和Z69井区水下扇。从扇体的发育情况来看,砂体的厚度、分布与断层造成的地形起伏有关。长堤断层该时期在本区中北部活动强烈,落差大,形成的地形陡,因而北部两个扇体厚度明显较大,此外,扇体的分布基本局限于长堤断层与五号桩断层之间的“二台阶”区域,南部缓坡带不发育。

沙三段沉积中期,水下扇的数目增多、分布范围明显扩大。该期沉积早期,除在长堤断层北段下降盘继承性发育扇体外,在南坡也发育了几个连片的水下扇体,沙三中沉积中后期,砂体分布范围进一步扩大,除北部的Z181附近仍以断层为沉积边界外,中南部地区地层均超覆到断层的上升盘,说明断层活动减弱,超覆现象更为突出。各扇体普遍表现为扇体面积变大(见图5),厚度变小,粒度变细,反映水体范围扩大,地形起伏趋缓。

沙三段沉积晚期,沉积体系仍属于水下扇沉积体系,但是,由于沉积物的注入速率大于构造沉降速率,使得湖盆范围相对缩小,本区沉积范围较沙三中明显缩小,沉积厚度也有所减小。

3.2 沙二段沉积期

地形趋于平缓,沉积主要局限于五号桩断层以西。在Z130井区仍有水下扇沉积,砂层最大厚度为26.5 m,扇体分布范围较沙三上小,但在岩性上有一定的差异,灰质含量增高。在“二台阶”的中南部发育滨浅湖滩坝相沉积。说明这时长堤低凸起与二台阶的高差已经不太大,为沙一段的全区湖侵提供了机会。

3.3 沙一段沉积期

沙一段沉积早期,湖水大规模侵入,原低凸起部位成为湖中的水下高地,由于低凸起本身构造平缓,全面发育生物滩坝沉积。同时,在西部边缘二台阶相对较低位置发育有小型砂质滩坝。

沙一段沉积中后期,湖水进一步入侵,以大套泥岩、油页岩沉积为主,属半深湖环境。当中发育有两个

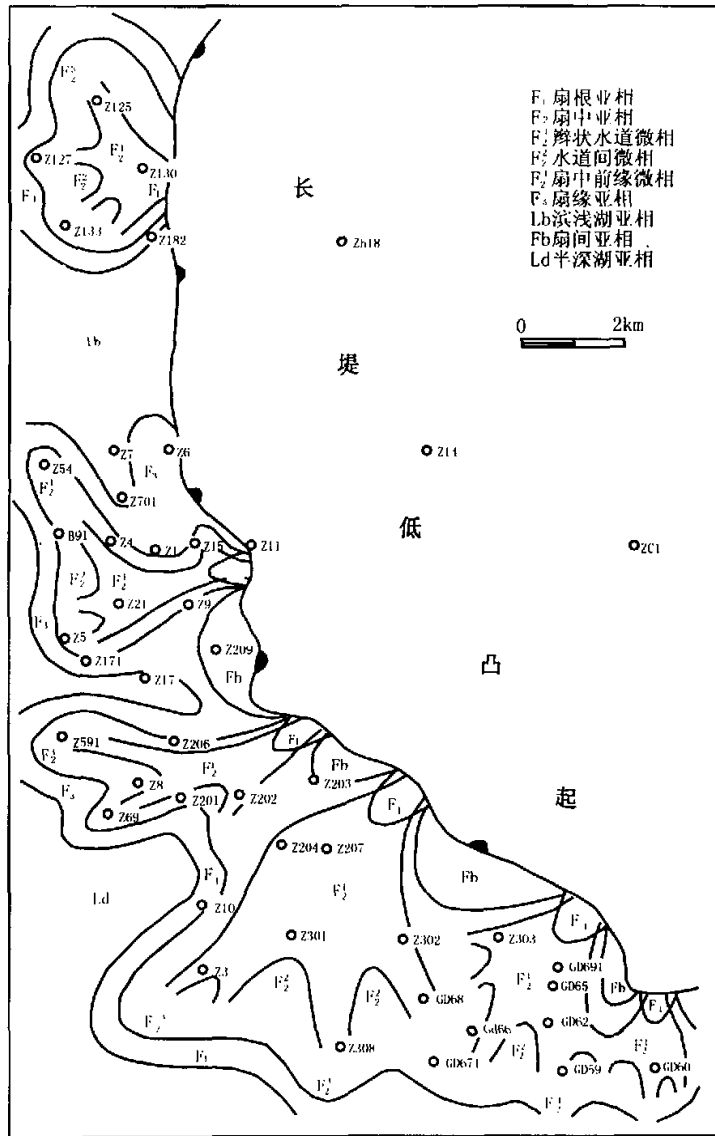


图 5 长堤地区沙河街组沙三段中部第一砂层组沉积体系平面图

Fig. 5 Distribution map showing the sedimentary system of the first sand group of the middle section of Es₃

小型远源浊积扇体。

3.4 东三段沉积期

东三段沉积早期,在半深湖背景下,由于南部物源供给充足,扇三角洲砂体很快到达本区,沉积了扇三角洲前缘亚相及前扇三角洲亚相,在本区出现的属于整个大型扇三角洲沉积的一小部分,并以前扇三角洲沉积为主,扇三角洲前缘沉积厚度小,最大砂层厚度出现在南部入口处。扇三角洲前缘亚相分为两个微相,其中水下分支河道在本区分为两股,一股由 GD66 向西

北方向流动,一股向北流动。两股水流之间夹有前三角洲泥质沉积区。远砂坝及席状砂微相分布范围较小,位于辫状水道的前方及侧缘。除此之外,在前扇三角洲内,Z132 井区形成了滑塌浊积扇。

东三段沉积中期,扇三角洲砂体进一步向北推进,南部继承性发育的两股水分支道向前推进并产生分叉,西部分支河道自 Z308 井向西北流动,在 Z8 附近分叉;东部分支河道向北流向 ZC1 井,之后分为两股,一股向东北流出本区,一股经 Z14 井流向 ZH18。在

两股大型分支河道之间,还夹有一股小的分支河道向北流动,受地形影响,很快结束。三股水下分支河道之间形成了较大范围的远砂坝及席状砂沉积。

东三段沉积晚期,扇三角洲继续向北推进,本区南部已出露湖面,从而在本区南部发育了扇三角洲平原沉积,北部为扇三角洲前缘沉积。在扇三角洲平原亚相沉积中,主要发育了河道、河道边缘及道间沉积。本区主要由南部的两条河道和西南部的两条小型河道向北汇集注入湖中,河道间为粉砂、泥为主的道间沉积,属辫状河。扇体的水下部分位于 Z14 井以北,有两条大型水下分支河道向北及东北向流出本区,水下分支河道前缘及侧缘为远砂坝及席状砂沉积。

3.5 东二—东一段沉积期

东二段沉积早期,随着扇三角洲继续向北及东北推进,本区完全于陆上沉积环境。普遍发育河流相沉积,从大的序列上看属扇三角洲平原的河道。东二段沉积晚期,继承性发育河流相沉积,属于典型的辫状河,心滩、道间等均较发育。

东一段沉积期,继承了东二段沉积特点,属于辫状河沉积,区内发育五个道间沉积和一个心滩沉积,河道亚相较宽,河流流向由南部的北北西向,到中北部变为北北东向。

4 物源分析

长堤地区地处坳陷盆地边缘,东、西两侧均为凹陷,西南为垦东—青坨子凸起,西北为埕东凸起,但有断层相隔。同时,在下第三系沉积早期自身为一高地。根据构造及沉积体系分析认为,在沙三、沙二段沉积时期,物源主要来自长堤低凸起,顺断层及斜坡发育水下扇沉积。该时期垦东—青坨子凸起有可能提供了部分物源,有少量细粒物质沿孤东向本区注入,但对本区的砂体展布并没有明显影响。

沙一段沉积期,全区范围的湖侵使得本区处于浅湖—半深湖环境,长堤低凸起已全部沉没于水下,自身

不能提供物源。该时期早期主要为一些滩坝沉积,主要由生物成因的灰岩组成,少量的砂质滩坝物源复杂,可能既有原地的一些物质经波浪多次改造而成,也有来自埕东、垦东凸起周围水下扇^[7]的再搬运物质。沙一段沉积后期本区基本为半深湖泥岩沉积,局部发育小型远源浊积扇。东营组沉积期,以东南部的垦东—青坨子凸起为主要物源区,其次,还可能来自西北部的埕东凸起。

5 结论

研究认为,长堤地区下第三系发育有近岸水下扇、滨浅湖滩坝、扇三角洲、浊积和河流等五类沉积体系。而且,沉积体系纵向演化具有很强的规律性,沙三段、沙二段以滨浅湖相的近岸水下扇为主,主要分布于长堤断层以西及低凸起南部边缘,物源主要来自自身的低凸起部位。沙一段底部主要为生物滩坝沉积,之后进入半深湖沉积环境。东营组早—中期为扇三角洲沉积,自下而上由前扇三角洲亚相过渡到扇三角洲前缘亚相再到扇三角洲平原亚相;东营组沉积中后期,由扇三角洲平原亚相过渡为辫状河沉积,以东南部的垦东—青坨子凸起为主要物源区。

参 考 文 献

- 1 胜利油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷六)[M]. 北京:石油工业出版社,1993. 672~83
- 2 陈立官主编. 油气田地下地质学[M]. 北京:石油工业出版社,1983. 69~82
- 3 冯增昭主编. 沉积岩石学(上册)[M]. 北京:石油工业出版社,1993. 127~130
- 4 徐怀大主编. 地震地层学解释基础[M]. 北京:中国地质大学出版社,1990. 40~52
- 5 冯增昭主编. 中国沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,1994. 127~130
- 6 吴崇筠等编. 中国含油气盆地沉积学[M]. 北京:石油工业出版社,1993. 60~63, 77~8
- 7 纪友亮主编. 陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 98~116

Study on the Sedimentary System of Paleogene in Changdi Region of Zhanhua Sag

GUO Jing-xing¹ DAI Qi-de² XU Wei²

1 (China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008)

2 (Department of Petroleum Resource Sciences, University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061)

Abstract

Changdi region is situated in the eastern part of Zhanhua sag in Jiyang depression. It belongs to one part of the Zhuangxi-Gudong buried hill belt in structure, with area an about 160 km². Based on the synthetical analysis the geological, log, seismic and chemical analysis data, the authors believe 5 types of sedimentary system were developed in this area in Paleogene, that is, subsurface fan, beach and dam, fan delta, turbidity current and braided river.

Subsurface fan can be divided 3 types of sub-facieses, i. e., root-fan, middle-fan and fan edge by core and conglomerate distribution and etc. The middle-fan can be divided 3 micro-facies—braided channel, space between channel and front-edge zone. In the braided channel, sediment grain is coarse. And it shows positive rhythm, SP curve with box type and etc. Surface of scour can be seen at the bottom of the channel.

Beach and bar system were formed at the edge of lake, shallow platform and etc. They can be divided into 2 types, i. e., terrigenous debris type and carbonate rock type. The terrigenous debris type was distributed mainly over the west edge of the study area, and carbonate rock type was distributed mainly in the middle part.

About the fan delta system, there were prodelta and delta front in the area. The delta front subfaces consists of embranchment channel, channel mouth bar and etc. Judged by distribution of the sedimentary system, during the third member of Shahejie formation, researching area belongs to subsurface fan system. From the early stage to metaphase, the sediment range were widened gradually. In the later period, the range of lake and size of subsurface fan diminished. During the second member and the early stage of the first member of the Shahejie Formation, this area belonged to beach and bar system.

In the third member of Dongying Formation, the study area belonged to fan delta system, and it stretched gradually from southeast to north. During the later period, the southeast part developed the fan delta plain. The delta front subfaces consisted of embranchment channel, channel mouth bar and etc.

During the second member and the first member of the Dongying Formation, this area belonged to braided river system as a whole. There were a series of channel bar deposits.

It was thought by synthetically analyzing the regularity of vertical evolution of sedimentary system was instinct. During the third and second member of the Shahejie Formation, the type of sedimentary system was subsurface fan near bank, the sediments came from Changdi lower upheaval. During the first member of the Shahejie Formation, it belonged to beach and bar system, while later period of the member, it was deep lake. From the third member of the Dongying Formation to the second and first member, the sediment system was fan delta, braided river, sediments mostly came from the Kendong-Qingtuozi upheaval.

Key words Zhanhua Sag Changdi region Paleogene sedimentary system sedimentary subfacies sedimentary microfacies