

辽河小洼油田东营组沉积环境条件的研究

周琦

(大庆石油学院秦皇岛石油地质研究所)

[内容提要] 陆相盆地沉积作用主要受构造作用及古气候的控制,所以从区域构造背景出发,结合地层、古生物、沉积、地球化学等方面资料,对小洼油田东营组的沉积环境条件进行综合分析。确定了沉积物来自北东方向的中央凸起,古气候属于半干旱—半潮湿的温带气候条件,水介质是弱还原性的淡水滨浅湖泊沉积环境。此时中央凸起上丰富的风化剥蚀产物经过河流的搬运和分异作用,进入湖盆中形成三角洲沉积体。

关键词 沉积环境 物源区 古气候 水介质 三角洲

小洼油田位于辽宁省大洼县小洼村东侧,构造位置属于辽河盆地中央凸起南部倾没带的北端。西及西北部以大洼断裂为界,处于大洼断层上升盘,西部下降盘是清水洼陷(图1)。主要含油层系包括沙三段、东三段和东二段,是辽河油田投入滚动开发的重点产能地区。

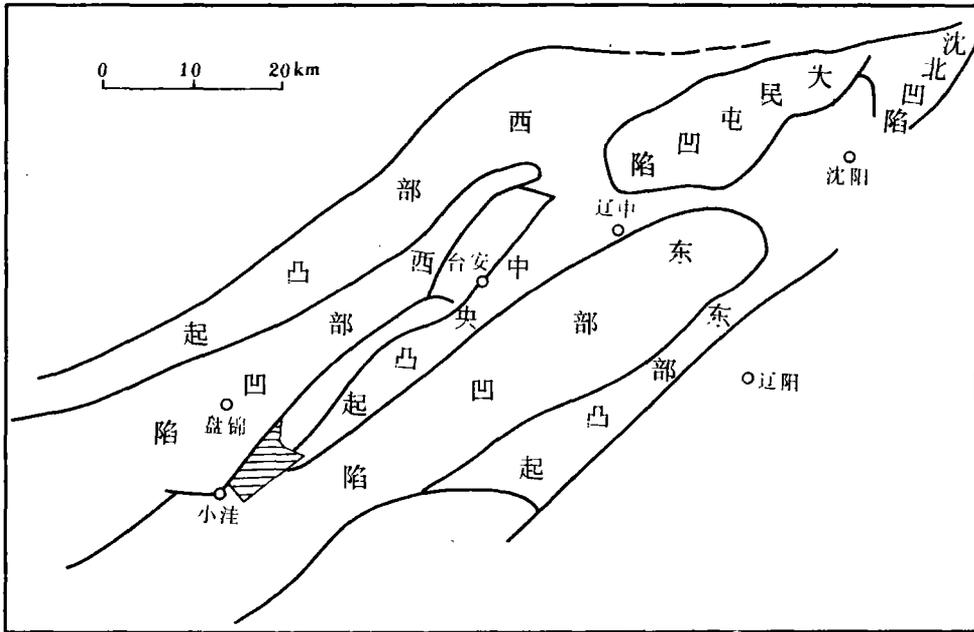


图1 小洼油田构造位置图

Fig. 1 Tectonic settings of the Xiaowa oil field, Liaoning

油田沉积相研究是一项综合性很强的工作,因为油田的地下沉积体地质信息少而分散,又来源于不同的资料,所以需要运用沉积学、构造地质学、石油地质学、测井地质学、层序地

层学、地震地层学、古生物学、计算机技术等多学科理论和方法进行综合分析研究。首先应该从区域构造和沉积条件的宏观分析入手,为此我们收集了油田的地质、测井、地震等大量实际资料,研究了控制小洼油田东营组沉积作用的沉积背景条件。本文仅就主要的沉积环境条件进行分析研究。

1 区域地质概况

小洼油田处于辽河盆地中央凸起南部倾没带的北端,大洼断层东南侧上升盘。因此其构造和沉积作用具有不同于凹陷,也不同于凸起的独特性质。

地层自下而上发育太古界、中生界、下第三系沙河街组 and 东营组、上第三系及第四系^①。

下第三系沙河街组厚度变化大,主要是厚层状砂砾岩,砂岩夹薄层灰色泥岩,与下伏地层呈不整合接触,顶部以深灰色泥岩为主,局部缺失。

东营组分为三段,主要是灰色和灰绿色泥岩,粉砂岩与砂岩,含砾砂岩呈不等厚互层,与下伏地层不整合接触(图2)。东三段厚度变化较大,地层自西向东超覆沉积。东二段沉积厚度比较稳定。东一段由于断层差异活动厚度变化也较大。

上第三系为灰色砂岩,砂砾岩与泥岩、粉砂岩互层,与下伏地层不整合接触。

小洼油田紧邻大洼断裂带,在大洼断层东南侧上升盘,该断层的长期活动和演化控制了本区的构造及沉积特征。

小洼油田因处在断裂上升盘的中央凸起上,古地貌一直是个相对隆起区。沙三期由于近东西向的大洼断裂与分支断层活动,造成地层自北向南超覆在隆起上。沙一、二期再次抬升,局部成为隆起,未接受沉积。东三期近东西向的分支断层活动渐弱,而南北向的分支断层继续活动,成为控制本区沉积作用的重要因素。东三段地层自西向东逐渐超覆,以后沉积覆盖全区。

构造形态受断层活动和古地貌形态两方面的影响^②。前第三系顶界构造为小幅度洼隆相间的形态,总体呈北西倾向。沙三段顶界构造因北部抬升形成一明显的南倾半背斜。东营组构造具有继承性,仍保持南倾半背斜形态,但构造幅度逐渐变小。

2 沉积环境条件

沉积环境条件是确立岩相和砂体分布规律的基本条件。对于陆相盆地沉积作用主要受构造作用及古气候的控制^[1],所以首先从区域构造背景出发,结合地层、古生物、沉积、地球化学等方面资料,对各种沉积环境条件进行综合分析。

2.1 古构造及地貌

小洼油田构造上处于中央凸起南部倾没带,与西部凹陷的清水洼陷相邻,在大洼边界断裂的上升盘一侧。因此,从沙三期到东营期均属湖盆的边缘。由于断裂作用的活动和分割,使本区成为古地貌上的相对隆起区,在隆起的边缘形成了河流—三角洲—滨浅湖的沉积环境。

沙三期是辽河断陷盆地的深陷期,构造活动强烈,断裂十分发育,造成地形高差起伏大,

① 扶良信等,辽河石油勘探局《小洼油田新增储量报告》,1993年。

② 路则平等,辽河石油勘探局勘探开发研究院《大洼—小洼地区油气富集条件及勘探潜力分析》,1991年。

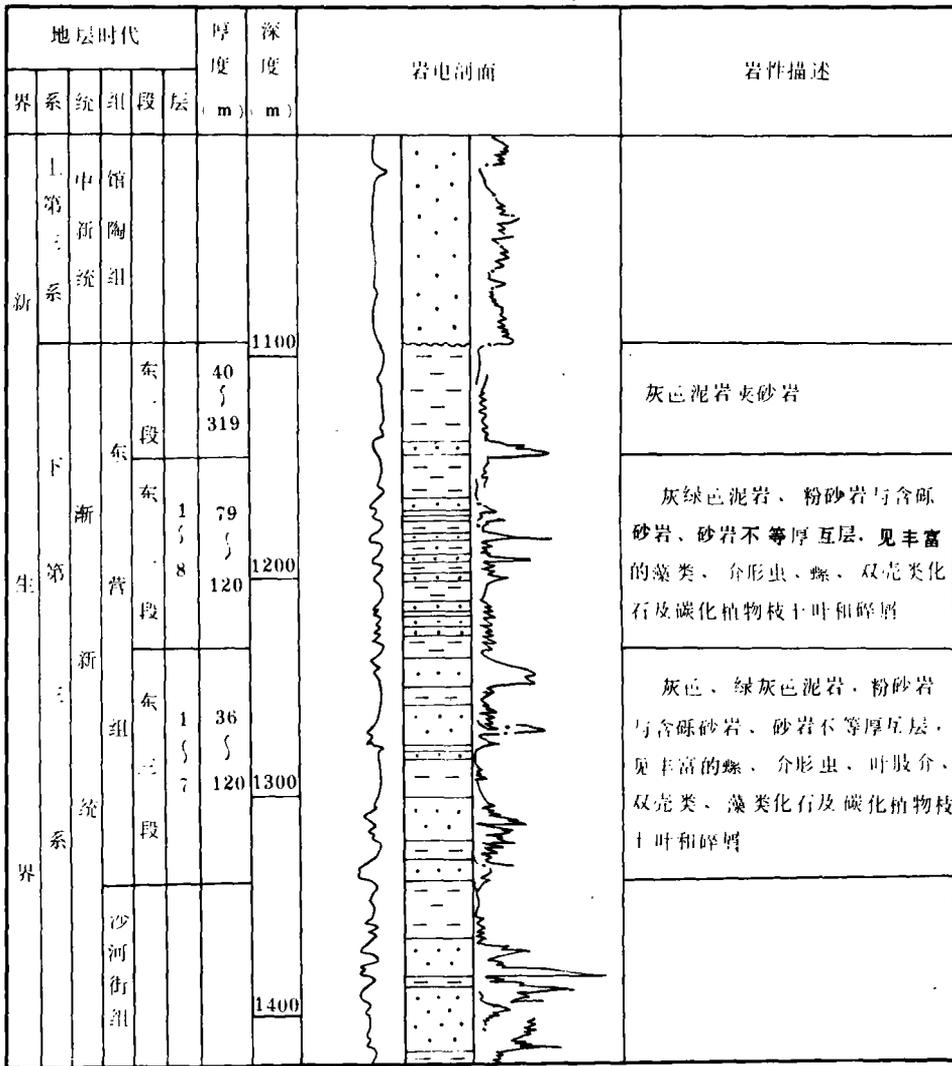


图2 小洼油田东营组地层综合柱状图

Fig. 2 Generalized stratigraphic column of the Dongying Formation in the Xiaowa oil field, Liaoning
 沉积和沉降速度都非常快,发育冲积扇和扇三角洲的粗碎屑沉积体系。在太古界基底混合花岗岩的风化剥蚀带上形成砾岩、含砾砂岩为主的沉积。沙一、二期构造活动渐弱,局部抬升为古隆起,未接受沉积。

东营期辽河盆地断陷作用进入退缩期,构造活动减弱,地形趋于相对平缓,广泛发育了河流及三角洲沉积体系^[1]。东三期隆起相对沉降,在从北向南方向为由高向低倾伏的古潜山地貌上,地层从低部位向高部位逐渐超覆在古隆起之上,最后完全覆盖,隆起消失,地形基本填平。

2.2 古物源与古水流

小洼油田属于中央凸起倾没带,西侧紧邻清水洼陷,所以从区域构造及古地形分析,物源只能来自北东方向的中央凸起上。

东营组的地层和岩性特征也说明物源来自中央凸起。

从地层厚度及砂岩厚度变化看,本区南部地层厚度大,砂岩厚度小;而北东部地层厚度

较小,砂岩厚度较大,砂体延伸方向呈北东向舌状或带状体展布。说明碎屑物质搬运方向为自北东而向南西。

岩石碎屑成分通过岩心观察及岩石薄片鉴定表明,主要为长石、石英、花岗岩屑及少量云母、酸性喷出岩屑、重矿物等,其中长石含量45%—65%,石英含量20%—40%,岩屑含量10%—20%,与中央凸起的基底岩性一致,反映物源来自北东方向的中央凸起。

重矿物分析结果,其组分较复杂,锆石、十字石、石榴石、电气石、榍石、钛磁铁矿、白钛矿、绿帘石、角闪石的含量较高,占94.5%。恢复原岩性质既有变质岩,又有花岗岩的特征,符合混合花岗岩的成分特征,也可说明物源是来自中央凸起。

区域上古水流与物源方向是一致的,从北东流向西南。本区由于古隆起的地形限制,水流方向表现为自北东进入,转而向南的特点。因为东侧地形突起阻挡,水流绕过,所以地层从西向东逐渐超覆。从重矿物含量变化、地层及砂岩厚度变化、地层倾角测井资料、生产动态资料都表现古水流的这一特点。

东三段第4小层重矿物组分特征表明(表1),自注38—34—27井至注38—31—39井,再到注38—29—49井,稳定的重矿物锆石含量增加,不稳定的重矿物绿帘石含量则减少,ZTR指数(锆石、电气石、金红石的总数)逐渐增加。这一方向自北东而向西南是顺着物源方向的。

表1 东三段第4小层(Ed₃₋₄)重矿物组分变化

Table 1 Heavy mineral compositions in the 4th bed of the 3rd member of the Dongying Formation

井号	锆石 (%)	绿帘石 (%)	ZTR 指数	物源方向
注38—34—27	4.1	36.0	13.0	NE SW
注38—31—39	8.4	23.7	14.4	
注38—29—49	15.2	12.9	21.4	

2.3 古气候

气候条件对陆相沉积的控制和影响是一个很重要的因素。东营组地层中动植物化石较丰富,包括介形虫、螺、双壳类、藻类及植物的枝叶等。岩石颜色以灰色、绿灰色为主,又常见碳质页岩、菱铁矿、泥灰岩的夹层。这种古生物组合和岩性特征,说明气候较为温暖潮湿,有适于生物生长的条件,各种水生生物和陆地植被均较繁盛。

根据生物化石组合特征,参考注1井段中裸子植物花粉以喜温凉气候的松属为主,蕨类孢子以水龙骨科和柏属为主,被子植物花粉以榆属为主,其次还发育有杉属、枫属等特点^①,反映东营组沉积时期属于半干旱—半潮湿的古气候条件。

区域的藻类和孢粉化石研究也认为东营期气候较温凉,相当于现代的温带气候。

2.4 古水介质

水体环境及水介质条件包括古水深、沉积水介质的pH、Eh和盐度等,可以根据地层中的古生物化石组合特征、泥岩颜色、沉积物中的微量元素分析和自生矿物类型加以判断。

古生物和古生态资料是确定沉积时的水深、盐度、浊度的有效标志。因为各种生物种属变化是沉积环境变迁的反映,不同的水体环境及水介质条件发育的生物组合都有明显的差异。

① 辽河石油勘探局科学技术研究院,《辽河油田勘探开发研究报告集(地质试验专辑)》,1979年。

根据岩心观察、镜下鉴定的古生物化石和洼1井、洼3井古生物分析资料,灰色泥岩、深灰色粉砂质泥岩中含有丰富的古生物化石,主要有藻类、介形虫、腹足类中螺化石、双壳类的蛤化石等。

藻类在 Ed_2 段的灰岩、泥灰岩、钙质粉砂岩里富集为钙藻,镜下藻丝清楚,岩心中藻灰岩夹层多次出现,厚度在3—10cm之间。洼1井古生物鉴定,藻类化石以圆球藻(*Granoreticella*)为主,刺面圆球藻占44%—73%,其次为网面圆球藻、粒面圆球藻、光面圆球藻等种属。 Ed_2 段地层中圆球藻类的大量出现,说明当时位于中央凸起南部的洼38块开始沉没,接受水侵,本区为富营养型的淡水、水体动荡的浅水湖泊环境。

介形虫类化石也在岩心中的灰岩夹层和粉砂质泥岩、钙质粉砂岩里大量出现。据洼3井古生物分析,以具角华花介(*Chinocythere*)为主,其次为东营介(*Dongyingia*)。这类介形虫往往壳壁较厚,适应于浅水动荡的水体环境。

腹足类以螺化石为主,个体较小,壳体较坚固,形态完整,尖顶细下粗呈塔形,螺旋型口盖,推测可能是阶状似瘤田螺(*Tulotomoides*),属于浅水螺类。另外,在泥质粉砂岩中见到保存完好的双壳类化石(*Lamprotula*),它也是浅水型化石。

从古生物组合分析,地层中发育螺、介形虫、叶肢介、双壳类、藻类等,都反映了一种淡水条件的浅湖环境。孢粉化石研究,东三期区域上出现了高含量的桉木粉属(*Alnipollenites*)及一些浮萍属(*Lemna*)和柳叶菜属(*Salix*)等,这些是严格局限在淡水中的。

沉积岩或生物介壳中的微量元素含量可以用来判断古盐度和解释古沉积环境^[2]。可以利用B、B/Ga、Sr/Ba值来推断沉积水体的盐度。微量元素的分析结果表明沉积时古水介质为淡水(表2、表3)。

表2 东三段(Ed_3)微量元素分析结果($\omega(B)/10^{-6}$)

Table 2 Trace element contents in the 3rd member of the Dongying Formation (in $\omega(B)/10^{-6}$)

井号	井深	Ba	Sr	Co	V	Ni	Ga	B	Sr/Ba	B/Ga
洼38—27—023	1318.40	1050	200	0	15	3	26	34	0.19	1.31
	1329.05	510	60	0	11.5	0	32	3.1	0.12	0.10
洼38—38—37	1270.70	740	60	8	26.5	8.2	33	64	0.08	1.94
	1333.60	900	60	7.2	34	7.2	22	76	0.07	3.45
洼38—31—39	1320.65	820	200	11	50	30	38	138	0.24	3.63
	1327.85	750	60	5.3	16	12.5	4.6	18	0.08	3.91
	1328.15	900	150	15	61	44	30	94	0.17	3.13

表3 东二段(Ed_2)微量元素分析结果($\omega(B)/10^{-6}$)

Table 3 Trace element contents in the 2nd member of the Dongying Formation (in $\omega(B)/10^{-6}$)

井号	小层	Ba	Sr	Co	V	Ni	Ga	B	Sr/Ba	B/Ga	V/Ni
洼38—27—023	Ed_2-1	1150	250	0	25.5	3	46	44	0.22	0.96	8.5
	Ed_2-4	1000	230	0	13	0	15	15	0.23	1.00	—
洼38—38—37	Ed_2-8	1000	60	8	37	12.5	42	44	0.06	1.05	2.96

沉积物中硼(B)的含量与水体中硼的含量有关,因而,它和水体的盐度存在着函数关系。硼元素除由陆源碎屑(如电气石)带来外,主要是从海水中吸取而来。一般情况,淡水湖泊沉积物中B含量最低,在($\omega_b=15\times 10^{-6}\sim 44\times 10^{-6}$),海相沉积物中硼的含量为 $\omega_b=100\times 10^{-6}$ 或更高^[2]。Ed₂段沉积物中硼含量 $\omega_b=15\times 10^{-6}\sim 44\times 10^{-6}$,平均值为 $\omega_b=34.3\times 10^{-6}$,Ed₃段B含量在 $\omega_b=3.1\times 10^{-6}\sim 138\times 10^{-6}$ 之间,平均值为 $\omega_b=34.3\times 10^{-6}$,为淡水湖泊环境。

镓(Ga)元素在大陆或淡水泥岩和页岩中较为富集,海相粘土(或泥岩)中硼含量高。大陆沉积中B/Ga比值一般小于3.3,而海洋沉积中一般大于4.5^[2]。Ed₂段B/Ga比值在0.95~1.05之间,Ed₃段B/Ga比值为0.10~3.91,属陆相淡水的沉积特征。

Sr/Ba比值随着盐度的提高而有明显增大趋势,在粘土或泥岩中Sr/Ba大于1者为海洋沉积,小于1者为大陆淡水沉积。Ed₂段Sr/Ba比值在0.06~0.23之间,平均值为0.17,Ed₃段Sr/Ba比值为0.07~0.24,其比值均明显小于1,是陆相淡水沉积的特征。

碎屑岩系中泥岩层的颜色也可用来指示沉积水介质条件。岩心观察泥质岩以灰、浅灰和深灰色为主,泥岩中生物化石丰富,沿层面有大量碳屑分布,未见岸上暴露标志,而且见到了黄褐色菱铁矿条带、结核。反映弱还原的浅水环境。

综合上述沉积条件分析,小洼油田东营组在古隆起的地形基础上,缓慢下沉并接受沉积,地层自西向东,从低处向高处逐渐超覆,基本上属于半干旱—半潮湿气候条件下的陆相河流及弱还原性质的淡水滨浅湖泊沉积环境。由于此时构造活动减弱,地形平缓,加之气候温湿,有利于陆上河流冲积体系的发育。中央凸起上丰富的风化剥蚀产物,经过河流一定距离的搬运和分异作用,进入湖盆中形成三角洲沉积体。三角洲沉积是以粉细砂岩为主的细碎屑沉积。

3 主要结论

1. 小洼油田特殊的构造位置决定其具有既不同于中央凸起,也不同于西部凹陷的独特的沉积环境和沉积演化。

2. 沉积物源主要来自中央凸起。东营期物源来自北东部,砂体呈扇形。

3. 沉积环境为淡水湖泊,东三期、东二期为浅水条件。

参 考 文 献

- 1 吴崇筠等.《中国含油气盆地沉积学》.北京,石油工业出版社,1992
- 2 同济大学海洋地质系.《海、陆相地层辨认标志》.北京,科学出版社,1980

SEDIMENTARY ENVIRONMENTS OF THE DONGYING FORMATION IN THE XIAOWA OIL FIELD, LIAOHE BASIN, LIAONING

Zhou Qi

Qinhuangdao Institute of Petroleum Geology, Daqing Petroleum College

ABSTRACT

Sedimentation in continental basins is generally controlled by tectonism and palaeoclimates. The present paper focuses on the sedimentary environments of the Dongying Formation in the Xiaowa oil field on the basis of the analysis of stratigraphic, palaeontological, sedimentary and geochemical data. The sediments are mainly derived from the central uplift in the northeast. The palaeoclimates are semiarid and semihumid temperate climates, and the water media indicate weakly reduced freshwater littoral and shallow lacustrine environments. The abundant weathering products were differentiated and transported by rivers into lakes to form the deltaic sedimentary bodies in the study area.

Key words, sedimentary environment, source area, palaeoclimate, water medium, delta