

川中金华地区大安寨段 重力流沉积物及其含油气性

邓 涛

(西北大学地质系)

摘 要 以重力流沉积理论为基础,在金华地区大安寨段介屑灰岩中划分出颗粒流和浊流两种不同类型的沉积物,其沉积模式为重力流湖底扇相;颗粒流沉积物的储集性远优于浊流沉积物,该区高产井和不产井的交叉出现,原因在于高产井位于颗粒流发育的网状分流水道之中,而不产井处在浊流为主的叠覆扇舌形体之上,可根据扇内水道的分布规律,预测有利的含油气区块。

主题词 沉积微相;储集层模型;浊流;湖底扇;含油气性;大安寨段;金华地区

中图法分类号 TE 112·21

金华油气田位于川中古隆平缓构造区西北部,地跨三台、射洪县境,勘探的主要目的层为下侏罗统自流井组大安寨段,埋深 2500—2700m。据地震及钻探证实,地腹为一近东西向展布的低缓背斜,西端呈鼻状向北西 295°方向倾没。金华油气田现已成为川中一个重要的油气生产基地。在油气聚集地区中大安寨段油气储层的一个明显特征,就是高产井和不产井呈交叉分布,这在金华地区表现得很突出,几公里之内的两口井,一口可能为高产井,另一口却可能为干井,这个问题历来成为川中大安寨段找油的一个难题。为了搞清金华地区大安寨段的沉积微相,寻找有利的含油气区块,本文对大安寨段介屑灰岩的重力流沉积成因进行研究。

1 区域地质背景

川中大安寨段的含油气区位于上扬子地台西北缘,属于中生代拗陷淡水湖盆,呈北陡、西南和西北缘、东南较陡的不对称内陆湖盆。侏罗系地层在北缘和西北缘以角度不整合叠覆在三叠系或古生代地层之上,在川东至川西南地区与上三叠统为连续沉积或假整合接触。

金华地区的大安寨段地层,自上而下划分为大一、大一二、大二、大二三、大三共 5 层。本区大安寨段厚 77—90m,其中大一层和大三层以介屑灰岩和含泥质介屑灰岩为主,其余 3 层主要为黑色页岩成介屑条带灰岩。

大安寨段的黑色页岩颜色深、粒度细;有机质含量较高,根据分析,其中 C 为 1.0712%,“A”为 0.2169%,K 为 20.25%,S 为 0.6389%,总碳峰 1325mm;具有广泛发育的细薄的水平

纹层,现场俗称“千层饼”;生物化石只见有游泳性的介形虫,而无底栖类型的生物化石;从横向上看,黑色页岩成层稳定,分布较广。综上特征,可以认为大安寨段的黑色页岩为明显的深水沉积。

根据多年勘探开发经验,川中矿区提出:“浅—较深湖外侧和滨浅湖—浅湖内侧,这样一个围绕沉积中心的环状地带是油气聚集的有利相带,组成这个地带的岩石是介屑灰岩和含泥质介壳灰岩的介屑滩或介壳滩沉积。”王当奇也提出类似的观点^[1]。上述观点认为大安寨油气藏主要是受介屑滩控制的。但是,在同一个油气区,短距离之内储集层会有突变,这种现象很普遍,这对于介屑滩相来讲是很难圆满解释的。

笔者通过对四川盆地周边大安寨段地层露头的观察研究,发现重庆北碚的大安寨段剖面反映出典型的湖底扇重力流沉积特征,剖面中存在泥石流、碎屑流、颗粒流和浊流沉积物^[2]。北碚剖面对金华地区井下大安寨段地层的沉积相和新认识有重要的参考价值。

2 重力流沉积物类型

2.1 岩石特征

Middleton 和 Hampton 根据颗粒支撑的机理不同,将水下沉积物重力流分为四种类型:碎屑流、颗粒流、液化沉积物流及浊流^[3]。根据金华井下岩芯的观察,同时与北碚露头剖面对比,从沉积构造上可将金华地区重力流沉积物划分为两种类型,即颗粒流和浊流沉积物。

颗粒流沉积物中可见到以下特征:层厚,无粒序性,通常内部为块状,有时有逆粒序层理,含砾构造显著(图版 I-1);缺乏底面印痕;缺乏典型的由牵引流作用形成的沉积构造,(如交错层理),而是具水平纹层。由于大安寨灰岩是介屑灰岩,含砾构造具有独特性,在水平排列的介屑中,上部分布明显大数量级(砾级)的介壳,呈双壳未分离的完整壳形或分离的单一壳瓣。大多数介屑都是扁长形的,这些长颗粒平行流向排列的特征极为显著,从而形成平行层理或叠覆构造。

浊流沉积物内部最突出、最明显的特征就是以粒级递变构造为标志的鲍马序列。根据文应初的研究,深湖相浊积岩在层内发育单一正向粒级递变层,并构成与鲍马相模式并列的代表湖相浊积岩的独特相模式^[4]。在大安寨段的岩芯中,可以见到明显的单一正向粒级递变层,颗粒为介屑,递变层厚度不大,多次重复,呈现明显的韵律,在每一递变层之上都为黑色页岩;在粒级递变层的底部,槽模、沟模、火焰状、重荷等构造十分发育(图版 I-2)。

2.2 薄片观察

大安寨介屑灰岩中的介屑,以双壳类为主,含少量腹足类和介形虫,偶见轮藻化石。根据张河清^[5]和笔者的研究,金华地区大安寨段地层中存在的纤状介屑为骨骼文石,而晶粒状结构的介屑则为方解石。骨骼文石出现在较深水湖相沉积物中,为快速搬运的产物,由于有机质的包裹得以保存。此外,稀少的藻钻孔遗迹也反映出较深水沉积的标志。这与沉积构造所反映出的重力流沉积环境是吻合的。

颗粒流沉积物中的介屑全为纤状结构,厚壳和薄壳两种类型的介屑混合堆积。按照基质含量不同,划分为惯性颗粒流(图版 I-3)和粘滞性颗粒流(图版 I-4),两种沉积物中长颗粒介屑都呈无粒序的平行排列。

浊流沉积物包括两种类型,即灰质浊流(图版1-5)和云质浊流(图版1-4)。其中的双壳类介屑全为纤状结构,文石质;在灰质浊流中可见厚壳和薄壳两种类型的介屑混合堆积,而在云质浊流中,双壳类介屑减少,并与介形虫碎屑或完整个体共存,二者所占比例近;云质浊流中介屑的粒度比灰质浊流中的细,反映更深的水体环境。

金华地区各类重力流沉积物的平均成分见表1。

表1 金华地区大安寨段重力流沉积物类型的平均成分

重力流沉积物类型	碎屑含量(%)						基质含量(%)				
	双壳	介形	腹足	石英	其它	∑	泥方	云质	泥质	其它	∑
惯性颗粒流	87.64	0.14	0.09	0.18	0.04	88.09	7.75	0.05	3.95	0.16	11.91
粘滞性颗粒流	72.55	0.59	0.18	0.59	0.27	74.18	18.77	0.09	6.25	0.71	25.82
灰质浊流	49.50	0.50	0.50	0.25	—	50.75	34.33	0.50	14.00	0.47	49.25
云质浊流	10.00	8.50	—	0.50	0.50	19.50	13.50	62.40	4.50	0.10	80.10

2.3 粒度分析

反映沉积物搬运方式和沉积环境最重要的尺度之一就是碎屑的粒度。粒度分析在碎屑岩研究中应用普遍,Falk 在碳酸盐岩分类中强调异化粒(颗粒组分)的意义,揭示了机械作用对碳酸盐岩与碎屑岩的同一性,揭示了沉积岩形成作用的普遍规律^[6]。针对大安寨介屑灰岩颗粒组分主要是介屑的特点,因而进行粒度分析。

(1) 粒度参数

颗粒流沉积物各层段的 C、M、M_z 值变化都比较大,这是因为颗粒流沉积的介屑灰岩在结构上相差较大的缘故。尽管如此,在标准偏差、偏度和尖度方面还是明显表现出一致性。惯性颗粒流 $\sigma_1 = 0.87$,粘滞性颗粒流 $\sigma_1 = 0.82$,表现分选中等的特点;惯性颗粒流 $\overline{SK}_1 = 0.00$,粘滞性颗粒流 $\overline{SK}_1 = -0.01$,表现出单峰态的正态分布曲线,呈近对称状态,这是众多砂级介屑颗粒把浮砾级介屑或介壳颗粒的结果;惯性和粘滞性颗粒流一致, $\overline{K}_g = 0.96$,表现为中等尖锐程度,说明正态曲线的中央部分与粗、细尾端部分没有明显差异,反映颗粒流在搬运和沉积过程中是经过改造分异作用的,因而在其沉积物中可以出现正、反向粒级递变。

浊流沉积物各层段的 C、M、M_z 值变化也比较大,但比颗粒流沉积物相对要小。灰质浊流 $\sigma_1 = 0.82$,云质浊流 $\sigma_1 = 0.77$,分选中等;灰质浊流 $\overline{SK}_1 = 0.01$,云质浊流 $\overline{SK}_1 = 0.06$,近对称状态;灰质浊流 $\overline{K}_g = 0.99$,云质浊流 $\overline{K}_g = 1.00$,中等尖锐。上述特征与湖相单一递变碎屑岩浊流沉积物的粒度参数类似^[7]。

(2) 累积曲线

沉积物重力流是一种密度流,它唯一的或主要的搬运方式是悬浮搬运,故在粒度概率图上重力流沉积物的各类型都表现为悬浮次总体所构成的由陡变缓的弧形线段或直线段,曲线的斜率很低,一般为 $40^\circ - 50^\circ$ ^[8]。

图1-A 为成因颗粒流沉积的泥粉晶介屑灰岩的粒度概率图形,表现为弧形线段,呈递变悬浮搬运,曲线斜率由 48° 变缓为 27° ;图1-B 为浊流沉积成因的细粉晶介屑灰岩的粒度概率图形,表现为斜率不变的直线段,呈均匀悬浮搬运,曲线斜率为 44° 。

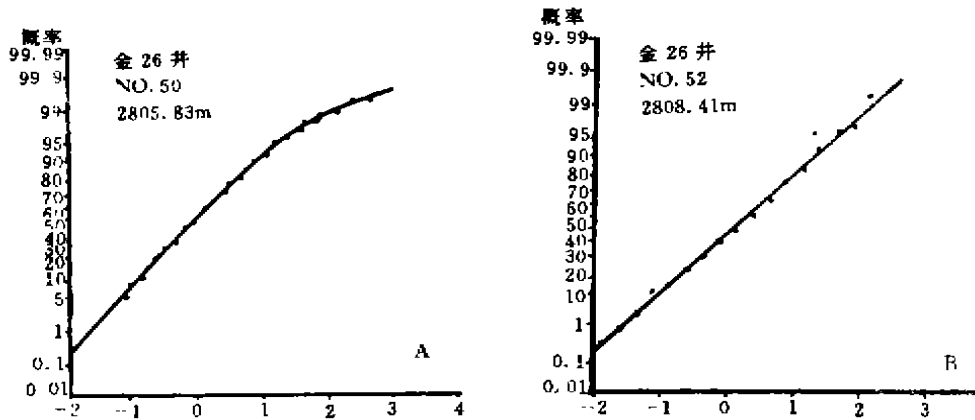


图 1 金华地区大安寨段重力流沉积物概率累积曲线图

(3) C—M 图

重力流沉积物的 C—M 图,呈与 C=M 基线平行的长形带状^[6]。金华地区大安寨段重力流沉积物的 C—M 图如图 2 所示,它只包括颗粒流和浊流沉积物两种类型,表现出典型的重力流沉积物悬浮搬运的特征。

(4) 判别方程

Sahu 提出了鉴别冲积物与重力流沉积物的判别方程:

$$Y = 0.7215M_2 - 0.403\sigma_1^2 + 6.7322SK_1 + 5.2927Kg$$

判别方程临界值 $Y = 9.8433$,当 $Y > 9.8433$ 时为河流相冲积物,是牵引流沉积的结果;当 $Y < 9.8433$ 时为重力流沉积物。经计算,大安寨段重力流沉积物的 Y 值均小于 9.8433;同时,颗粒流沉积物的 Y 值小于浊流沉积物,颗粒流 $\bar{Y} = 4.9446$,浊流 $\bar{Y} = 5.5717$,这表明了重力流强度变小的结果。

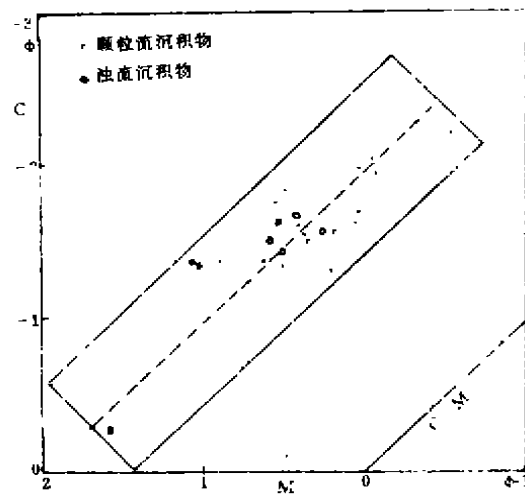


图 2 金华地区大安寨段重力流沉积物 C—M 图

3 重力流扇相模式

通过对金华地区取芯井的岩芯和薄片的观察表明,重力流沉积在整个金华地区分布相当普遍,且只有颗粒流和浊流沉积两种类型。总的趋势是西部颗粒流沉积比例较高,东部浊流沉积占优势,西部尚有单一正向粒级递变的泥质石英粉砂岩陆源碎屑浊流沉积。综合对金华地区大安寨段重力流沉积物的分布和微相分析,笔者建立起金华地区大安寨段重力流沉积的扇相模式(图 3)。

图 3 描绘了金华地区大安寨期湖底扇的轮廓,类似于 Walker 的扇相模式。从平面上看,分布着两期扇体,这两期扇体相当于 Walker 扇相模式的中扇。根据 Walker 的研究^[9,10],中扇

位于内扇与外扇之间,常呈叠覆扇舌状体,网状分流水道发育;水道两侧没有稳定的堤,重力流顺流而下快速迁移,在分流水道内由于快速的沉积作用,形成厚的砂体沉积,包括含砾砂岩和块状砂岩,砂/泥比率在水道内是高的。比较金华地区,其颗粒流沉积物正与此水道沉积相当;溢出水道而进入分流水道之间的细粒沉积物形成叠覆的叶状体沉积,砂/泥比率很低。金华地区的浊流沉积与此相当。由于分流水道的改道和加积作用,可使颗粒流沉积物连片分布。金华湖底扇的第二期扇体西起古井坝附近,向东一直延伸到乐家和金家之间,北至三台,南到新生,第一期扇体较小,分布在金家周围一带。图中所绘出的水道,并非反映在整个大安寨期水道的固定位置,大安寨期是一个沉积旋回,两级扇体是全期沉积叠加的结果,而网状分流水道是根据颗粒流发育等特征确定的优选位置。由于湖底扇水道的规模较小,所以颗粒流沉积物的连片性远不如海底扇好,而且由于湖水位的升降变化较为频繁,单层厚度通常都不大。

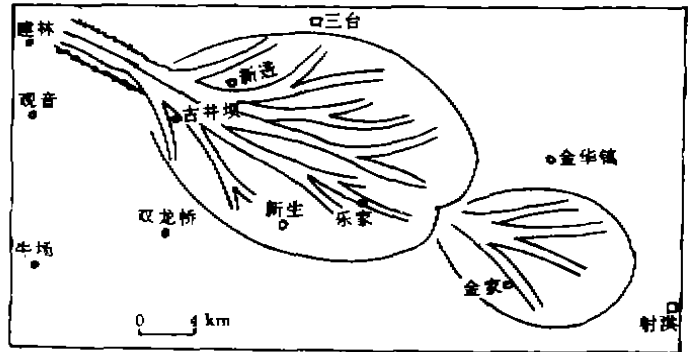


图3 金华地区大安寨段重力流扇相模式

图3 金华地区大安寨段重力流扇相模式

4 含油气性

金华油气区的大安寨段有效储层分布在大三、大二、大一二上及大一下部,主要为介屑灰岩,除大三外,单层厚一般为0.3—1.2m。孔隙度低,渗透性差,裂缝和溶孔是主要的渗、储空间。

对于金华地区大安寨段油气层高产井和不产井的交替分布现象,前人认为是裂缝发育不均匀,以及受岩性和成岩作用控制,但其成因机制尚不清楚,在解释中还有许多难点。

从本文的研究得出金华地区大安寨段的重要特征是湖底扇重力流沉积,根据洪庆玉的研究^[7],重力流沉积物中,主要的储集层不是浊流沉积物,而是颗粒流沉积物。根据岩芯观察结果,金华地区凡是颗粒流发育的层段,溶蚀孔隙都极为丰富,肉眼可见的孔隙比比皆是,特别是颗粒流沉积物中大量发育的水平纹层,常沿纹层方向发育强烈的溶蚀,层缝也极为发育;浊流沉积层段,孔隙发育差,几乎不见层缝,溶蚀现象也不明显。

大安寨段油气层的孔隙并不是以原生孔隙为主,而主要是裂缝和溶孔,那么,颗粒流成为有利的储集层,与裂缝和溶蚀究竟具有什么关系呢?

4.1 与裂缝发育的关系

(1)整个大安寨段以层缝为主,纹缝次之,构造缝最少。以重力流观点,层缝的发育与颗粒流沉积物中水平纹层的发育密切相关,层缝是沿水平纹层发育起来的。

(2)同一段层的灰岩中,裂缝随泥质含量的减少而相对发育,顺序为介屑灰岩>含泥质介屑灰岩>条带灰岩>泥质介屑灰岩,原因是泥质含量少,脆性大。以重力流沉积物划分来看,泥质含量是区分颗粒流与浊流的重要标准之一,浊流沉积物的泥质含量远高于颗粒流沉积物,因此后者比前者更有利于裂缝的发育。

(3)随着灰岩单层厚度的增大,大缝和高斜缝及垂直缝比例相应提高,而平均缝密度却相对下降。根据湖底扇相模式,中扇的层厚比末梢相和外扇相层厚大,而且,从大安寨段的实际情况看,湖相浊积岩都是较薄的单一正向粒级递变层,厚度远不及颗粒流沉积物。

(4)生物含量是控制各类裂缝发育程度的重要因素之一。生物含量增高可使岩层脆性增大,与构造缝关系最大,其次是层缝。颗粒流沉积物中介屑含量很高,因此大安寨段中颗粒流成因的介屑灰岩的脆性大于浊流沉积物,因而裂缝更发育。

(5)介屑排列是影响岩石结构变化和控制裂缝发育程度的另一个重要因素,排列好(水平),裂缝密度大,反之则小,与层缝关系最密切,原因是增加了岩石层理结构因素。大安寨段的颗粒流沉积物中,碎屑绝大多数为扁长形的介屑,它们都平行流动方向形成水平纹层,因此,属于排列好,而浊流主要为递变层理,排列的均匀性较差。

4.2 与溶蚀作用的关系

与油气的运移和储集有着重要关系的溶蚀作用有两类^[11],本文结合重力流沉积特征进行讨论。

(1)晚成岩期有一次较大规模的溶蚀作用,主要发生在含铁—铁方解石胶结之后,表现为介壳被溶蚀,轮廓不清且多破碎,叠积紧密的介壳层间孔被扩大,甚至相互连通,表现在柱晶胶结物更是被溶蚀得支离破碎,与介壳分离脱落,这种溶蚀作用造成岩石结构杂乱,溶孔极不规则,这期溶解作用的发生和结果对油气的初次运移、储集起着非常重要的作用。从以上特征可以看出,溶蚀孔隙度与介壳的含量有着直接的关系,前已述及,颗粒流中的介屑含量远高于浊流,且颗粒较大,因此颗粒流沉积物的溶孔远比浊流沉积物发育。

(2)区域性或局部性、具选择性的溶蚀作用,主要指两井的溶蚀相互补偿,相互连通;区域性溶蚀(具有一定规模和范围)结果,为油气二次运移、储集创造了极为有利的条件。从重力流的扇相模式我们可以得知,颗粒流沉积物沿网状分流水道分布,同时,由于分流水道的改道和加积作用可使颗粒流沉积物连片分布,这就为区域性溶蚀提供了基础。

总之,从上述的各项特征我们可以看出,由于颗粒流沉积物本身的性质,使它成为大安寨段油气层中最有利的储集层段。

根据重力流扇相模式,我们可以发现,金华地区所有的高产井都位于分流水道之中,因为这里有发育的颗粒流沉积物,而在网状分流水道之外的叠覆扇舌形体上,是浊流发育区,因此产量不高,甚至为干井。以金华油气田的试验区为例,如图4所示,金51、54、55井正好位于两系水道之间的叠覆扇舌形体上,颗粒流不发育,而浊流发育,因此成为低产井或干井。

由此可知,寻找网状水道发育的中扇是大安寨段油气勘探的重要途径。在已有探井的基础上,可根据颗粒流发育程度,预测有利的含油气区块,如金26井具有高比例的颗粒流沉积物,因此,可以认为,顺水道方向延伸会是一个有希望的含油气地带。

本文的研究得到洪庆玉教授的精心指导,在此表示衷心的感谢。

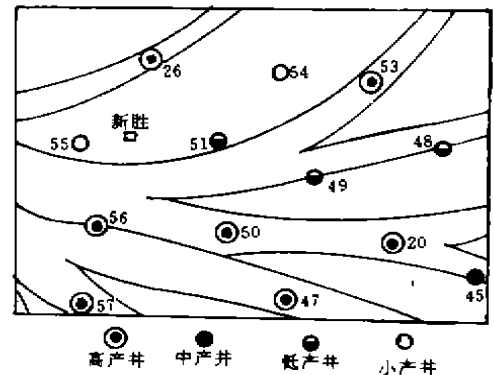


图4 金华油气田试验区的水道分布与井位关系

参 考 文 献

- 1 王当奇, 对川北地区大安寨段沉积环境及找油意义的认识. 石油实验地质, 1983, 5(3): 170-175
- 2 邓 涛. 四川盆地下侏罗统大安寨段的重力流扇相模式. 矿物岩石地球化学新探索, 北京: 地震出版社, 1993: 63-65
- 3 Middleton G V, Hampton M A. Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. In Stanley D J, Swift D J P, eds. Marine sediment transport and environmental management. New York: John Wiley, 1976: 197-218
- 4 文应初. 陕甘宁盆地晚三叠世的湖相重力流沉积及其含油性. 西南石油学院学报, 1983, 5(2): 1-21
- 5 张河清. 川中侏罗系大安寨组中保存的骨骼化石. 天然气工业, 1984, 4(1): 22-26
- 6 何镜宇. 孟祥化. 沉积岩和沉积相模式及建造. 北京: 地质出版社, 1987: 195-239
- 7 洪庆玉. 沉积物重力流地质学. 成都: 成都科学技术出版社, 1992: 8-136
- 8 刘宝君, 曾永孚. 岩相古地理基础和工作方法. 北京: 地质出版社, 1985: 271-284
- 9 Walker R G. Facies models 2, turbidites and associated coarse clastic deposits. Geoscience Canada, 1976, 3: 25-36
- 10 Walker R G. Deepwater Sandstone facies and ancient submarine fan: model for exploration for stratigraphic traps. AAPG, Bull, 1978, 62: 932-966
- 11 黄恒铨. 川北大安寨段成岩作用与储集性能的关系. 石油实验地质, 1989, 11(1): 62-75

Gravity Flow Sediments and Their Oil—Gas Bearing characteristics of Daanzhai Member in jinhua Area, Central Sichuan

Deng Tao

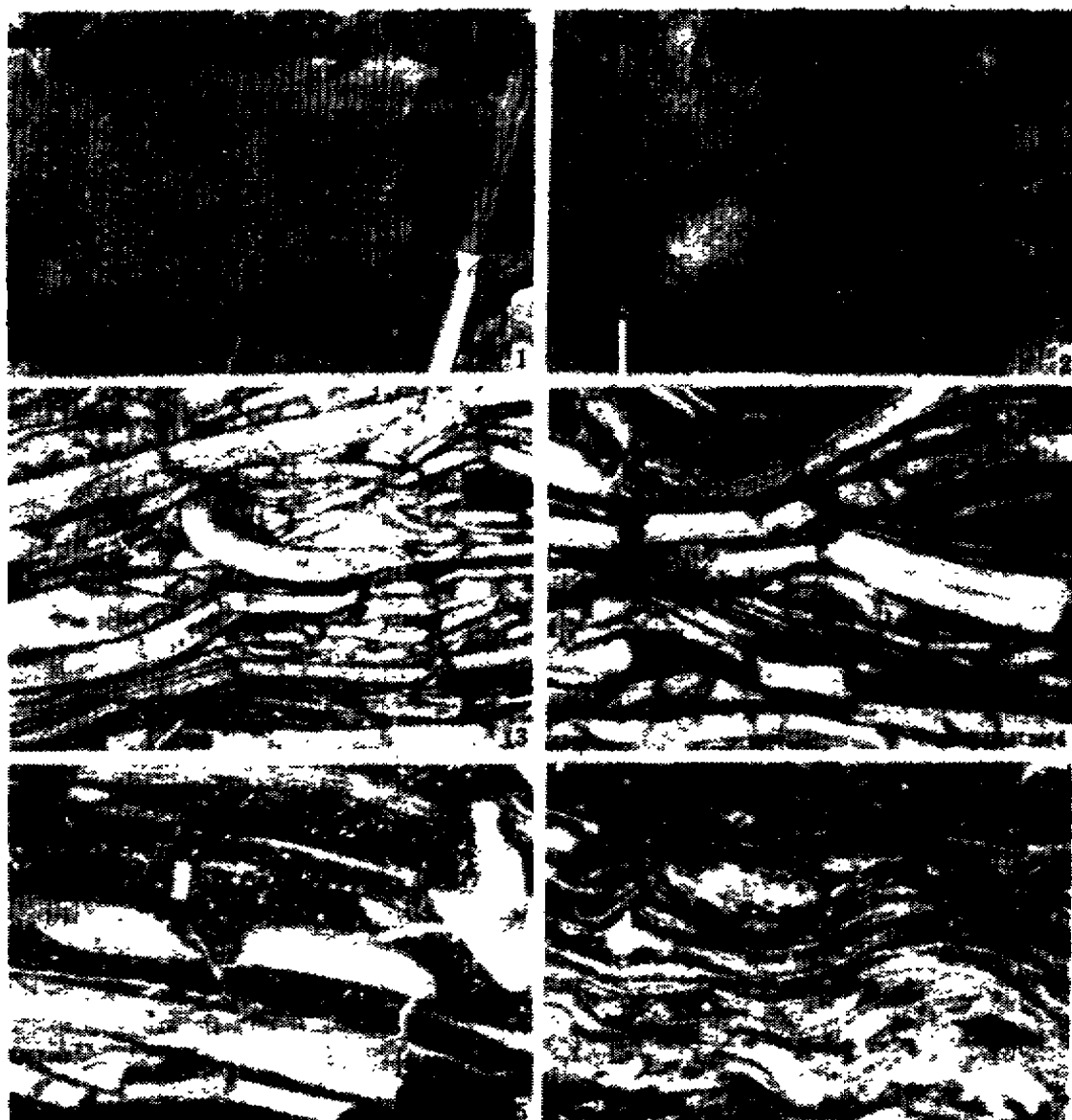
(Dept. of Geology, Northwest University)

Abstract

On the basis of gravity flow theory, two kinds of sediment, grain flow sediment and turbidity current sediment, have been distinguished in the liptodetrinite limestone of Daanzhai Member in Jinhua area, Central Sichuan. The sedimentary model is lake—bottom fan of gravity flow. Grain flow sediments, have a much better accumulative property than turbidity current sediments. In this area, the alternative distribution of high and low productivity wells lies in the fact that high—productivity wells are in netted separate waterways where grain flow sediments are rich while low—productivity wells are on repeated tongues of fan where turbidity current sediments are rich. According to the distribution law of waterways in fans, favourable regions containing oil and gas can be predicted.

Key Words: Sedimentary microphase; Reservoir model; Turbidity current; Lake—bottom fan; Characteristics containing oil and gas; Daanzhai member; Jin Hua area.

图版 I 说明



1. 颗粒流沉积物中的含砾构造。大安寨段, J_{1s} , 重庆北碚, 露头照片。
2. 浊流沉积物渐变层底部的沟模构造。大安寨段, J_{1s} , 重庆北碚, 露头照片。
3. 惯性颗粒流沉积物。大安寨段, J_{1s} , 金 26 井, 2815.89m, $\times 9$, 单偏光。
4. 粘滞性颗粒流沉积物。大安寨段, J_{1s} , 金 26 井, 2810.46m, $\times 9$, 单偏光。
5. 灰质浊流沉积物。大安寨段, J_{1s} , 金 26 井, 2801.39m, $\times 9$, 单偏光。
6. 云质浊流沉积物。大安寨段, J_{1s} , 金 26 井, 2791.80m, $\times 9$, 单偏光。