

文章编号:1009-3850(2015)03-0063-05

# 辽宁陆东凹陷前河油田水下扇沉积粒度特征 及水流强度分析

雷霄雨

(中国石油辽河油田勘探开发研究院, 辽宁 盘锦 124000)

**摘要:**前河油田九佛堂组为一套水下扇沉积。通过对不同层位取心井粒度资料分析及对比,分析其差异的原因,确定各层位搬运方式及沉积作用形式,并运用霍姆斯水流强度图分析从湖盆边缘向湖盆内的水流强度变化。根据岩性组合及测井曲线特征,识别出扇根、扇中前缘及扇端3种微相。并认为沿水流及砂体发育方向为部署有利区带。

**关键词:**陆东凹陷;水下扇;粒度特征;水流强度

**中图分类号:**P512.2

**文献标识码:**A

## 1 概况

开鲁盆地是辽河油田的外围探区,构造上位于吉黑褶皱带。陆东凹陷位于开鲁盆地西北部,是在海西期褶皱基底上发育起来的中生代凹陷,经历了断陷、拗隐和萎缩3个构造发育阶段。自下而上沉积义县组、九佛堂组、沙海组和阜新组等地层。九佛堂时期,湖盆处于扩张期,水下扇发育,湖盆水体最深,生油岩发育。凹陷接受来自南部的碎屑物质沉积,形成水下扇沉积,是本区主要储集层。盖层以泥岩、油页岩为主,厚度可达50m<sup>[1]</sup>。

## 2 取心井单井分析

前河油田共有10口取心井,总进尺491m,岩心收获率95.5%。L1井为预探井,该井岩石薄片镜下鉴定显示其岩石类型多为岩屑砂岩及岩屑杂砂岩,成分成熟度及结构成熟度低。取心井段中石英含量为3.24%,一般2%~4%,长石含量2.5%,岩屑一般为中酸性岩浆岩岩屑,含量67.4%,表明本区母源区应为火山碎屑岩区。该井主要发育扇中前缘及扇端亚相,九佛堂组下段以砂岩为主,砂层一般较薄;九佛堂组上段及沙海组以泥岩为主,自然

电位曲线呈退积式的组合,即由箱型或钟型向上变为指型,再到平直型。

## 3 粒度分析

### 3.1 粒度分布

沉积物中碎屑颗粒的粒度分布服从正态分布,粒度的大小与水流强度有关。通过粒度分布研究,明确搬运介质的性质、搬运方式及沉积作用形式。L1井粒度概率累积曲线显示沉积物主要为悬浮总体,次为跳跃总体的特点<sup>[2-3]</sup>。

L1井沙海组底部含泥粉砂岩概率曲线近乎直线式,主要以悬浮总体为主,反映重力流沉积的特点(图2)。

L1井九佛堂组1584.75~1596.25m砂岩、砂砾岩段在概率曲线组合上,曲线呈平缓直线式及两段式(图3、4),表明沉积物沉积时具有浊流及牵引流的双重特点。粒度参数细截点 $S=2\phi(0.25\text{mm})$ 时,说明悬浮总体颗粒较小,水流扰动强度大;当 $S>0.1\text{mm}$ 时,悬浮总体直线斜率小于 $20^\circ$ ,分选性差。跳跃总体直线斜率一般为 $40\sim50^\circ$ ,表明分选性中等。

### 3.2 C-M图

收稿日期:2014-09-12; 改回日期:2014-09-18

作者简介:雷霄雨(1985-),男,工程师,硕士,从事蒸汽驱开发地质研究工作。E-mail:283637629@qq.com

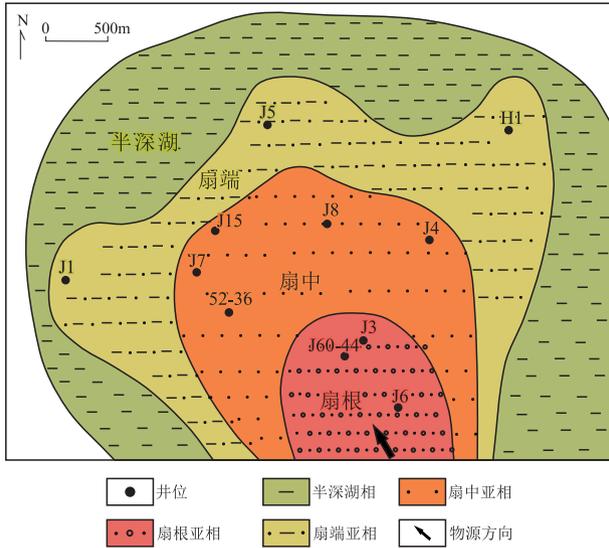


图1 陆东凹陷前河油田九佛堂组沉积相图

Fig.1 Sedimentary microfacies map of the Jiufotang Formation in the Qianhe Oil Field, Ludong depression

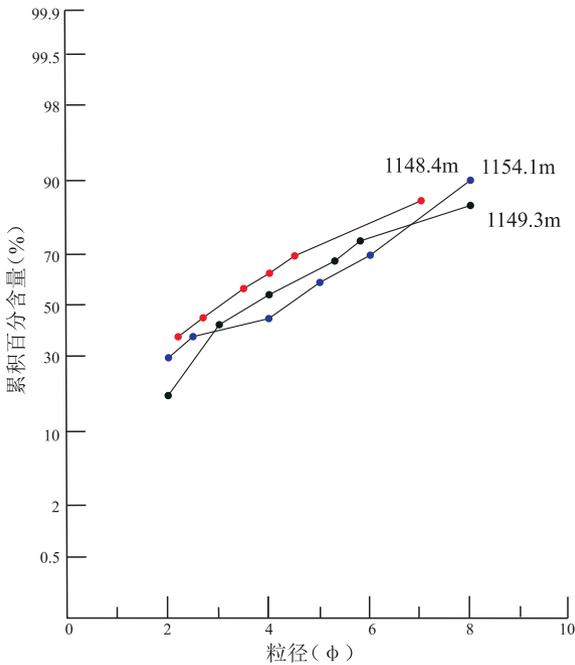


图2 L1井沙海组概率曲线图

Fig.2 Grain size probability cumulative curves for the Shahai Formation through the L1 well

图5是L1井九佛堂组C-M图,图中散点呈平行 $C = M$ 线分布,表明浊流的沉积特点。当流速降低时,悬浮物质移向底部,使底部密度不断增加,最终导致整体沉降作用,并形成分选差的沉积物<sup>[4]</sup>。

图6是L1井沙海组C-M图,散点同样呈基本平行的 $C = M$ 线分布,指示浊流沉积环境。在九佛堂组C-M图、沙海组C-M图上画一条平分散点且平行 $C = M$ 的直线,用这条线距 $C = M$ 基线的距离来

划分分选性的好坏。图中表明九佛堂组分选程度好于沙海组分选程度。同时,九佛堂组 $C/M = 3.6$ ,沙海组 $C/M = 5$ 也说明九佛堂组沉积颗粒分选好于沙海组。

### 3.3 水流强度

霍姆斯和奥利弗(Holmos和Oliver, 1973)运用最大粒径和最大悬浮粒径(细截点)这两个因素来表示水流强度<sup>[5]</sup>。通过绘制交叉图解将水流强度分为12级,L1井交叉点多集中在7~9内,属于中-强水流型。J1井交叉点多集中在5~6.5之间,属于弱-中等水流型(图7)。说明九佛堂组时期从湖盆边缘向湖盆里水流强度在逐渐减弱。

## 4 地球化学标志

### 4.1 古盐度

在沉积作用过程中,沉积物介质之间存在着复杂的地球化学平衡。在不同的沉积环境中,元素的分散与聚集的规律也不相同<sup>[6-7]</sup>。现应用岩石中微量元素如B、B/Ga、Sr/Ba分析沉积介质中盐度的变化。

#### 4.1.1 Sr与Ba

Sr与Ba的比值随盐度的增大而增大。在泥岩中,该比值大于1者为海洋环境,小于1者为大陆环境。L1井微量元素分析,Sr/Ba在0.24~0.77之间,表明为大陆沉积环境。

#### 4.1.2 B和Ga

海相泥岩中硼的含量高,大陆或淡水泥岩中,镓的含量高,两者比值陆上一般为4,海水为10。L1井B/Ga的比值在1.94~11.74之间,说明前河断裂构造区在九佛堂组-沙海组时期水体古盐度值一度偏高,变为微咸水型。

Ni含量在10~30ppm,显示为淡水环境。通过上述分析,陆东前河地区古水体盐度为淡-微咸水类型。

### 4.2 氧化还原环境

利用 $S^{2-}\%$ 含量可有效地确定沉积岩的氧化还原环境。一般认为氧化环境为 $S^{2-}\% < 0.2\%$ ;弱还原环境 $S^{2-}\%$ 为0.2%~0.4%;还原环境 $S^{2-}\%$ 为0.4%~0.8%;强还原环境 $S^{2-}\% > 0.8\%$ 。

L1井阜新组 $S^{2-}\%$ 平均0.144%,沙海组 $S^{2-}\%$ 平均0.249%。九佛堂组上段 $S^{2-}\%$ 平均为0.369%,下段0.428%。 $S^{2-}\%$ 含量的变化表明九佛堂-阜新时期本区环境的演化序列是还原-弱还原-氧化。

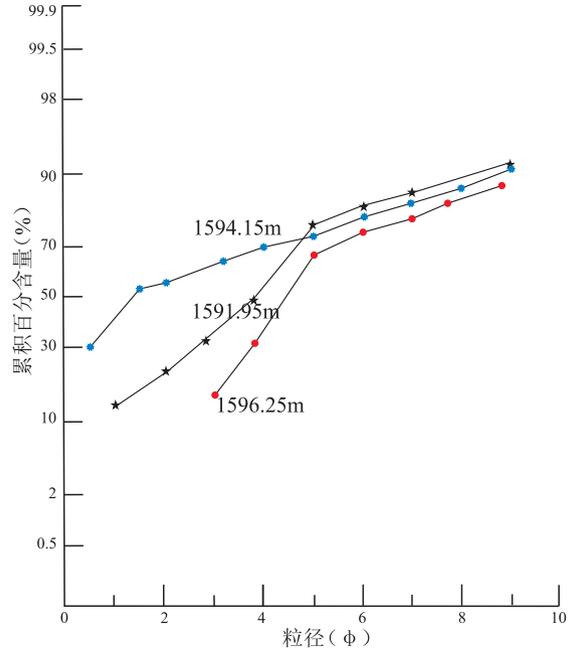
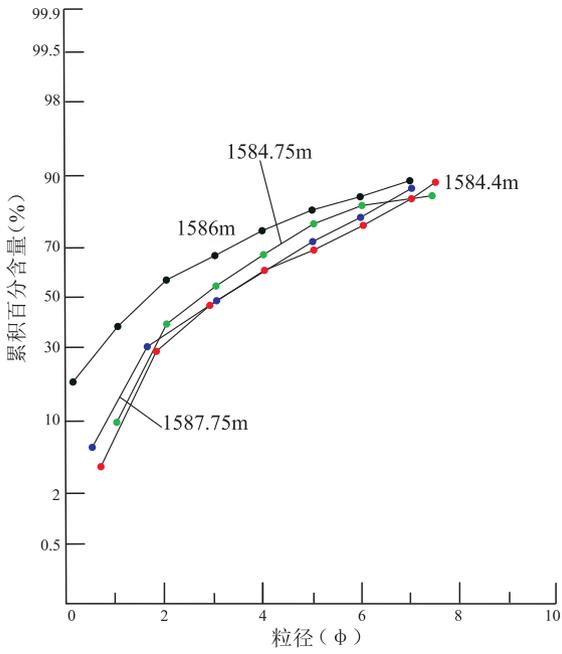


图3 L1井九佛堂组概率曲线图

Fig. 3 Grain size probability cumulative curves for the Jiufotang Formation through by the L1 well

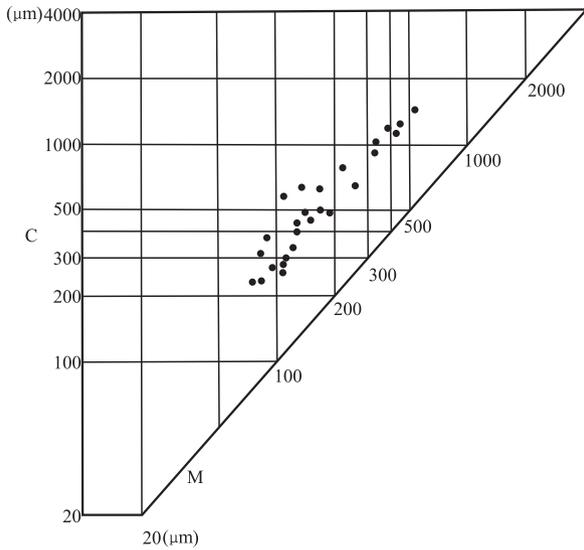


图4 L1井九佛堂组 C-M 图

Fig. 4 CM patterns for the Jiufotang Formation through by the L1 well

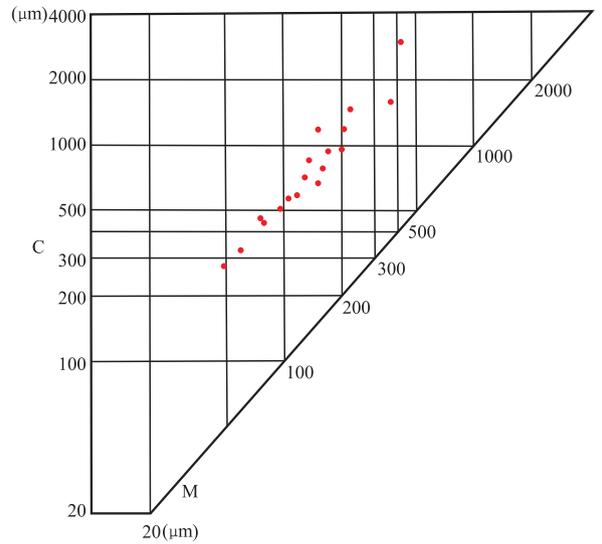


图5 L1井沙海组 C-M 图

Fig. 5 C-M patterns for the Shapai Formation through by the L1 well

## 5 测井相特征

### 5.1 自然电位测井相

根据岩心观察、取心资料、古水流分析和测井曲线资料,并结合周边井的各类地质资料,可识别出以下几种相类型:扇根水道,扇中前缘,扇端前缘微相。各微相测井曲线特征如下(图8)。

#### 5.1.1 扇根

水下扇扇根河道部位发育局粒序层理的砂砾岩、砾岩。J3井自然电位曲线形态为中幅反齿组合,齿中线下倾。

#### 5.1.2 扇中

扇中前缘为具有交错层理的砂岩前积于具纹层的粉砂岩之上。L1井曲线形态中-高幅箱状及漏斗状,齿中上倾线平行,上倾收敛。

#### 5.1.3 扇端

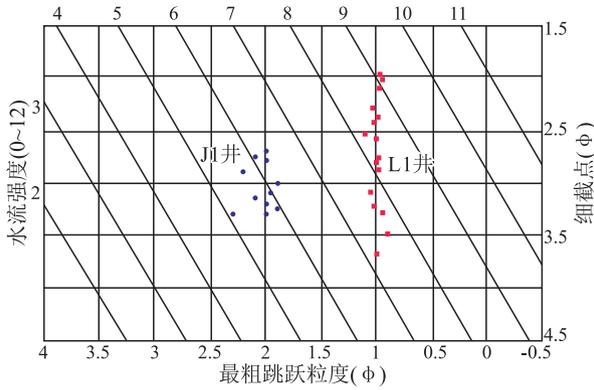


图6 水流强度与粒度交叉图解

Fig. 6 Diagram showing the intersection of the flow strength and grain sizes indicated by the L1 well

率图显示沙海组古水流方向朝向 N,砂体延伸方向为 SN。

L1 井九佛堂组发育斜层理、波状层理等,反映水下扇扇中前缘的沉积特征。倾角测井方位频率图显示九佛堂组古水流方向为 NW 向,水流强度中等,砂体 NW-SE 向延伸。

### 6 结论

(1)结合区域沉积背景,通过分析粒度特征、地球化学特征及水流强度的综合分析,认为前河油田水下扇形成于湖进期,九佛堂-沙海组沉积时期扇体全部没于水下。通过对粒度分布特征进行分析,认为是重力流和牵引流双重机制形成的沉积体。

(2)前河油田水下扇中主体部位钻探的 L1 井钻遇储层并获工业油流,证实了该区扇中前缘砂体为良好储层。同时根据古水流方向及砂体延伸方向为下一步向 L1 井东侧井位部署提供依据。

### 参考文献:

- [1] 辽河油田石油地质编辑委员会,中国石油地质志,卷三,辽河油田[M].北京:石油工业出版社,1993.80-83.
- [2] 肖晨曦,李志忠.粒度分析及其在沉积学中的应用研究[J].新疆师范大学学报(自然科学版)[J].2006,25(3):118-123.
- [3] 李广雪.古龙咀周围海区沉积物粒度特征及海底地形变化[D].北京:中国科学院研究生院,2008.
- [4] 加东辉等.渤中 25-1 油田浅水三角洲各微相粒度特征分析[J].沉积与特提斯地质,2005,25(4):87-94.
- [5] 孙永传,李惠生.碎屑岩沉积相和沉积环境[M].北京:地质出版社,1986.
- [6] 雷国良,张虎才,张文翔等.柴达木盆地察尔汗古湖贝壳堤剖面粒度特征及其沉积环境[J].沉积学报,2007,25(2):274-282.
- [7] 孙千里,周杰,肖举乐.岱海沉积物粒度特征及其古环境意义[J].海洋地质与第四纪地质,2001,21(1):93-95.

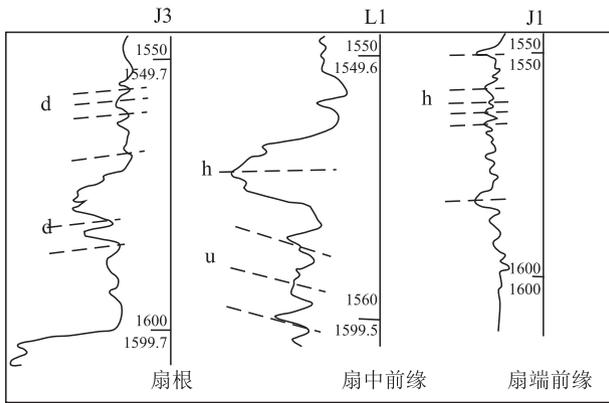


图7 前河油田九佛堂组水下扇各微相 SP 曲线特征

Fig.7 Spontaneous-potential curves for individual sedimentary microfacies in the submarine fan in the Jiufotang Formation, Qianhe Oil Field

水下扇扇端属密度流沉积,曲线为低中幅分散状,齿中线上倾或水平。J1 井位于扇端前缘。

### 5.2 地层倾角测井相

L1 井沙海组倾角测井解释发育平行层理、交错层理,反映扇端的沉积特征。同时倾角测井方位频

## Grain-size characteristics and flow strength in the submarine fan deposits from the Qianhe Oil Field, Ludong depression, Liaoning

LEI Xiao-yu

(*Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Liaohe Oil Field, CNPC, Panjin 124000, Liaoning, China*)

**Abstract:** The Jiufotang Formation in the Qianhe Oil Field, Ludong depression, Liaoning is built up of a succession of submarine fan deposits generated by the gravity flows and tractional currents during the deposition of the Jiufotang Formation and Shahai Formation. Three sedimentary microfacies have been distinguished, according to lithologic associations and well logs, including the proximal fan, mid-fan front and terminal fan, of which the mid-fan front sandstones turned out to be excellent reservoir rocks because of the discovery of the industrial oil run indicated by the L1 well in the study area.

**Key words:** Ludong depression; submarine fan; grain-size analysis; flow strength