

桩 52 断块沙 I 油藏沉积微相与油水关系

孙 卫 蒲仁海 程顺有 罗静兰 张庆国
(西北大学, 陕西西安 710069)

陈振新 刘泽俊 马英俊
(胜利石油管理局桩西采油厂, 山东东营 257000)

桩 52 断块沙 I 油藏位于沾化凹陷五号桩近岸浊积扇中扇—外扇的沉积相带中。依据对油藏单井基准面旋回划分及在三维地震连井剖面上对标志层的对比标定结果发现, 不同井中油层组顶、底界面由南向 北依次被标定在时代较新的同相轴上, 系统规则的跳穿相位现象预示油层组处于由南向 北的前积反射体中。应用反射同相等时原理, 确定出相邻井中油层组顶界等时关系, 从而也就可划分对比出各井沉积旋回间小层的序列关系。经对各井间小层穿层数目在纵横连井剖面上的对比标定, 将研究区近岸浊积体划分出由南向 北、由老到新呈叠瓦状排列的 20 个前积小层, 同 小层在空间上的展布为东西方向延伸较远且连通较好, 南北方向延伸相对较短。由于穿时作用, 垂向上 1 口井 一般多可钻遇 4 个小层。各小层南缘位于浊积体上超面附近, 储层粒序多呈正韵律特点, 小层 北缘位于下超面附近, 具反韵律特点, 小层中部 一般为块状均质沉积。在研究区由南向 北各小层的储集物性及含油性有逐渐变好的趋势, 储集体中的高孔、高渗、高含油饱和度带多集中在研究区的中部和北部。

关键词 浊积沉积 前积层 穿时作用 沉积序列 小层对比 油水关系

第一作者简介 孙 卫 男 45 岁 副教授 石油地质与油田开发地质学

桩 52 断块沙河街组三段下部 I 油藏(以下简称沙 I 油藏), 位于沾化凹陷内 5 号桩洼陷中央, 是 5 号桩油田中几个大断块油藏的组成部分之一, 北与桩西油田相接, 东邻长堤油田, 西靠埕东油田, 南倚孤岛油田。油藏主要目的层为下第三系沙河街组, 沉积厚度 1 100 m, 由上而下分为四个岩性段, 其中沙河街组三段下部发育两套浊积砂体, 构成 I、II 储集层, 前者为油藏主要生产层。

1 小层对比划分

1.1 单井基准面旋回划分

依据桩 52 断块岩石沉积特征结合测井曲线, 首先确定出沙河街组三段 I 油组(以下简称沙 I 油组) 顶底界面标志层, 在标志层控制下进行油层内部三级基准面旋回划分, 每个三级旋回厚 10~20 m, 在大多数井中可划分出 4 个三级旋回(图 1)。

1.2 顶底界标志层在连井三维地震剖面上的标定与对比

在对井深进行补芯和井斜校正后, 应用研究区平均速度资料将油层组顶、底界标定在三维

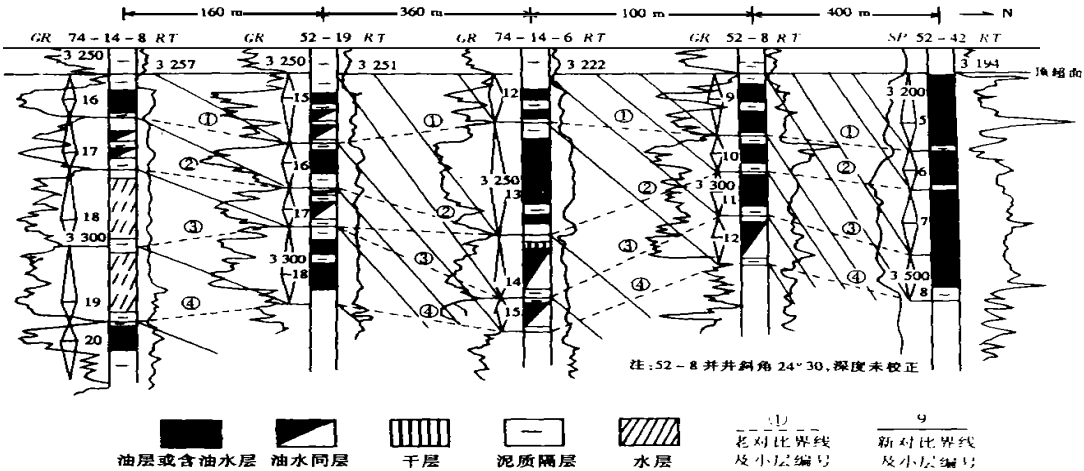


图 1 桩 52 块南北向钻井小层对比新老方案比较图

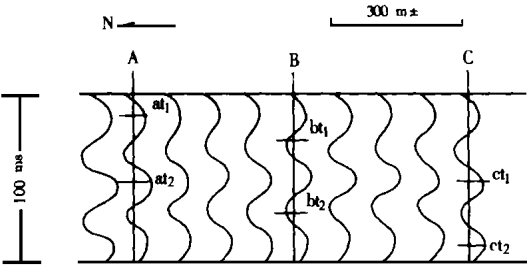


图 2 前积油层组在地震剖面上的标定

地震剖面上,通过追踪发现,在南北剖面上不同井油层组顶、底界由南向北依次标定在时代较新的同相轴上;在东西向地震剖面上,则多标定在同一同相轴上。标定结果表明,在电测曲线上确定出的油层组顶、底标志层实际上是一个穿时面(图 2)*。

1.3 小层前积结构的识别与确定

沙 I 油组总厚 50 m 左右,时间厚度约 20 ~ 30 ms,在地震剖面上仅占 1 到 2 个相位,因

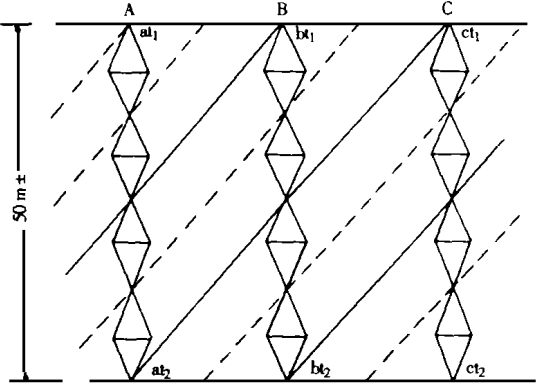


图 3 根据油层组顶底规则穿相位确定出各旋回之间的对比关系

而即使小层具有前积结构也难以识别。实际上大多地震剖面并没有出现前积结构的地震反射。只有在个别连井测线上,由于前积层倾角较陡,出现了前积反射。当前积层倾角较缓时,虽然地震剖面上难以显示前积的存在,但测井标志层在地震剖面上系统规则的跳穿相位(图 2),暗示了沙 I 油组处于由南向北的前积反射体中。把油藏剖面 and 三维地震相结合,可以确定出各小层前积的空间组合。在研究工作中,首先制作全区南北和东西向油藏剖面对比图(23 条)和对应的三维连井地震切片图,把各个井油层组顶底界测井标志层,标定在对应的地震剖面上,并根据地震反射同相轴的等时性,就可确定出相邻两口井的油层组顶底界在等时关系上的对比(图 3),从而确定出各井旋回小层

* Cross T A. Genetic stratigraphy research group Colorado School of Mines, 1994 annual report on research projects and industry collaborations. Department of Geology and Geological Engineering.

之间的穿层及对比关系。然后将全区任意相邻两口井小层穿层数目标定在井位平面图上, 由老到新对旋回小层进行编号, 勾画出油层组顶面古地质图(图 4), 从而也就反映出前积小层的空间展布关系^[1]。经采用上述对比方法将研究区沙 I 油层组划分为 20 个前积小层, 并以桩 52-11, 52-34, 桩 50 井为界, 又可分为东西两部分。东西两部分互不连通, 西半部第 7 层以后属河道充填沉积, 东半部由多期切割和前积充填组成。研究区沙 I 油组受近基浊积作用控制, 20 个前积小层大致由南向北叠瓦状排列, 单井一般可钻穿 4 个小层, 个别为 3 或 5 个小层。

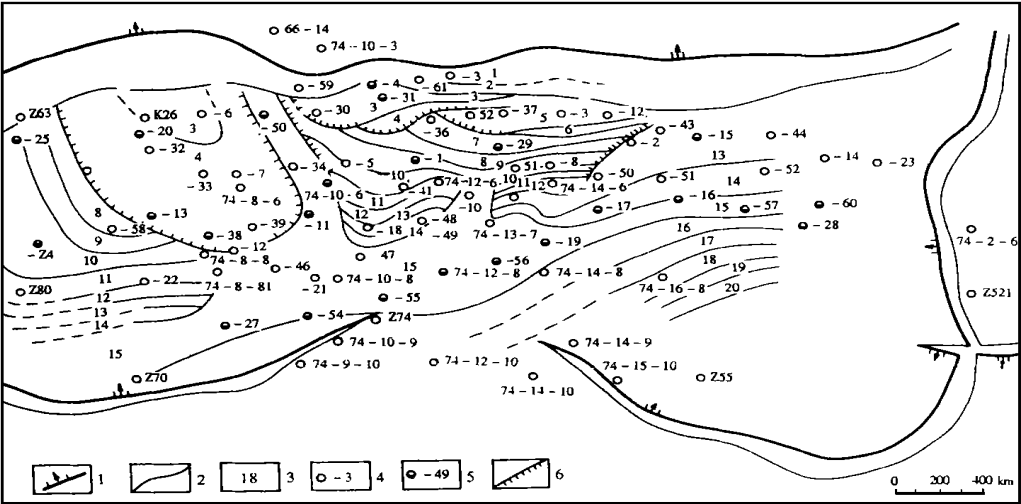


图 4 桩 52 块沙 I 油组顶界古地质图

1—断层; 2—小层分界线; 3—小层编号; 4—生产井及编号; 5—注水井及编号; 6—切割线

2 沉积相特征

2.1 背景

桩 52 断块沙 I 油组主体位于近岸浊积扇中扇—外扇, 依据为: (1) 从桩 74、桩 52-1 井等取芯资料来看, 该油组处在深湖—半深湖相过渡带上, 砂岩、含砾砂岩油层上下均为还原环境的深水相泥页岩沉积; (2) 具近源(岸)粗砾沉积特点, 反映断崖陡岸近源的特点; (3) 具浊积岩典型的鲍马序列, 多见槽模、沟模、变形层理、冲刷面等; (4) 粒度概率曲线倾角小, 分选差, 悬浮组分高达 50%, 投影与 $C=M$ 线平行; (5) 地震剖面上东厚西薄, 楔形前积, 内扇反射杂乱, 中扇不连续反射, 外扇连续强反射; (6) 桩 52 块大部处在中扇相带, 仅桩 52-25 等井为外扇粉砂岩、泥岩、泥灰岩类分支河道细砂岩沉积; (7) 近基浊积扇物源主要为研究区以南, 东侧也有次要物源, 向西北角桩 52-25 等井沉积物明显变细, 砂体减薄, 乃至消失, 以泥质岩、灰岩沉积为主。

2.2 微相划分

2.2.1 内扇主沟道

由厚层块状泥石流、浊流或滑塌沉积物组成。岩石类型以中—细砾岩、泥砾岩、砂质砾岩为主。砾石排列杂乱或呈叠瓦状, 具正递变粒序层理、块状层理。由于分选差、含泥高、自然伽马和电阻率曲线呈中—低幅箱形, 齿化柱形等, 桩 55 井、桩 74-22-6 井及其东南具此微相特征。

2.2.2 内扇主沟堤

浊流漫溢沉积,以 BCDE 序列的薄层细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩为主。电测曲线呈中—低幅齿形组合。

2.2.3 中扇辫状水道

主要为具递变粒序层理的块状含砾砂岩、含砾不等粒砂岩,其次为块状中—细砂岩,可分成 AA, AB, BB, BC 等多种序列。粒度概率曲线呈两段式,分选中等—差。电测曲线以单个高幅箱形为主,也有单个漏斗形、钟形或它们的多种组合形。

2.2.4 中扇辫状水道河

浊流漫流沉积,为薄细砂岩,粉砂岩夹泥岩,具 BCD, CD 序列和缓坡沙纹层理或水平层理,电测曲线呈低幅齿形。

2.2.5 外扇分支水道

由于夹于厚层泥页岩中的薄层细砂岩、细—粉砂岩组成,具平行层理、微波状沙纹层理等,电测曲线呈中幅齿形。

2.2.6 外扇漫流沉积

由薄层状粉砂岩、粉砂质泥岩组成,夹深—半深湖泥页岩,具 CD, DE 序列。

2.3 小层微相平面展布特征

微相平面展布主要是根据小层的有效砂岩厚度图和砂比图(有效砂厚除以旋回厚度)确定。砂体增厚带往往呈一至多个分散孤立的疙瘩状或舌状分布,长轴多为 NW 向,与浊流流向一致,为多期叠加中扇辫状水道微相区。少数砂体增厚带呈 NE 或 EW 向展布,这种展布方式的形成与后期侵蚀改造的残余小层形态有关。

2.4 沉积序列

2.4.1 小层的沉积序列

经对 50 多口井分析,总结出研究区四种小层沉积序列,即进积、退积、加积和复合序列。其中复合序列又可进一步细分为以进积为主,以退积为主和进积退积对称序列三种。复合序列多出现在中扇环境中。

2.4.2 平面展布特征

为搞清小层沉积序列在平面上的变化,编制了主要小层的沉积序列平面展布图(图 5)。

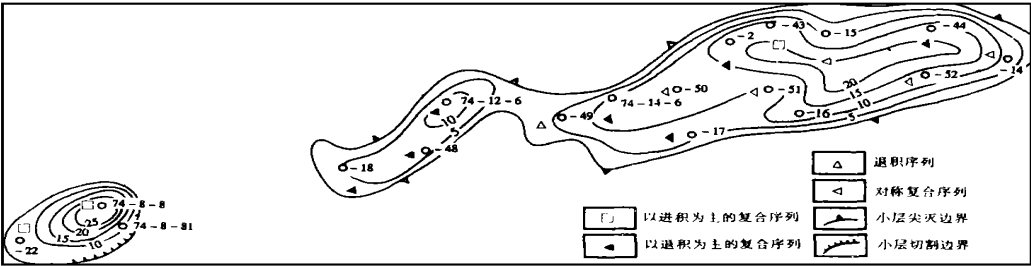


图 5 第 14 小层砂厚及沉积序列图(单位: m)

图中最常见的是以退积和进积为主的复合序列,其次是对称复合序列,单一的进积、退积或加积序列均少见。沉积序列平面展布的明显特征是相同或相近类型在同一地方集中出现,如第

14 小层东部总体为退积为主的复合序列, 西部和中部偏东北部各有两相邻井为进积为主的复合序列(图 5)。另外, 在每个前积叶的根部(南侧)加厚处, 多为以退积为主的复合序列, 在前积叶的前缘(北侧)和侧缘(东西部)多为以进积为主的复合序列, 对称序列多发育在前叶的中部。前积叶沉积序列在平面上的变化可用沉积物体积划分原理解释, 每个前积叶形成的前半期, 基准面下降, 沉积物靠近深湖方向堆积, 形成向上变粗的半旋回; 每个前积叶形成的后半期, 基准面上升, 沉积物靠近湖岸方向堆积, 形成向上变细的半旋回。因此, 从前积叶的根部(靠湖岸一侧)到前缘(靠深湖一侧)依次会形成退积序列、以退积序列为主的复合序列、对称复合序列、以进积序列为主的复合序列、进积序列。加积序列的形成可能与退积为主的复合序列小层上部切割充填有关, 单一退积序列和进积序列之所以少见, 是由于它们仅出现在每一前积叶的厚度较小且水深较浅的边缘区^[2]。

3 沉积序列与储层非均质性关系

3.1 小层砂体平面非均质性

3.1.1 砂体平面展布特征

砂体形态总体呈朵状、伸长状和分散、连片状。其中浊积扇发育早期的第 20, 19, 18 小层砂体, 由于沉积时地形平缓, 古基准面相对较高, 可容纳空间小, 沉积物受湖盆能量控制, 因而平面上多呈分散状, 局部呈分散连片状。第 17~13 小层砂体沉积期, 由于湖盆扩展速度加快, 相对基准面下降, 地形变陡, 故形成的扇体规模较大, 平面上多呈鸭足状及伸长状, 形成厚度较大, 且分布范围较广的内扇及扇中砂体。自第 12 小层开始沉积时, 扇体规模逐渐变小, 砂体在平面上多呈分散局部连片状及分散状。1~4 小层扇体规模进一步缩小, 仅在北部西北地区零星分布。

3.1.2 砂体平面连通情况

经对各小层砂体横向连通系数的统计, 连通系数 $> 45\%$, 砂体平均厚度 ≥ 10 m 的小层主要分布在研究区中部和北部如第 9, 10, 13, 14, 15 小层, 这些小层砂体连通性好、物性好, 是研究区主要生产区域, 其微相多为中扇辫状水道砂体沉积。

3.2 小层砂体物性及非均质特征

岩芯实测及测井二次解释结果表明, 砂体由南向北逐步推进, 依次叠加。砂体中的高孔、高渗带也是由最初沉积的第 20 小层向最晚沉积的第 1 小层自南向北迁移。砂体中高孔、高渗、高含油饱和度带多集中在研究区中部和北部, 在这部分有利区域中, 砂体横向、纵向连通好, 含砂率高。经对 77 口井各砂层的渗透率非均质系数(K_k)、渗透率变异系数(K_v)统计及对各小层渗透率非均质系数等值线图分析, 在 20 个小层中第 4, 6, 7, 11, 15, 17 小层非均质性较强, $K_k \leq 0.350$, $K_v > 0.830$, 第 1, 2, 3, 5, 9, 10, 12 小层较弱, K_k 多在 0.3~0.5, K_v 多在 0.6~0.7, 其余各小层非均质性介于两者之间。在 20 个小层砂体中, 以中部、北部及西南部地区渗透率非均质性较弱。第 15、16 小层砂体位于河道亚相中砂体渗透率非均质性多表现为从中心向河道边缘有逐渐增强的趋势。因此, 浊积扇的河道亚相即研究区中部及北部和西南部地区是砂体储集条件较为有利的地区。

4 沉积微相与油水分布关系

4.1 沉积微相与储集性的关系

从沉积微相与不同沉积序列组合关系分析中看出, 外扇分支水道相和中扇辫状水道微相

孔、渗变化差异不十分明显^[3]。在浊积体 A 段孔隙度最大可达 21%，最小为 4%±；渗透率最大可达 $67 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，最小在 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。B 段孔隙度最大可达 23%，最小为 11%，渗透率最大 $117 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，最小 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。尽管单个浊积体 A 段为正韵律，但纵向叠加复合的连通砂体往往显示出多种韵律类型，以正韵律、反韵律、全韵律和块状韵律等较常见，反映出每个小层内浊流沉积过程中辫状河道切割与进积砂层交替与复合的复杂特点。

4.2 沉积微相与油水分布关系

受浊积体前积穿时作用，20 个砂层由南向北呈叠瓦状排列，使小层砂体沿东西方向延伸较远且连通较好，沿南北方向延伸相对较短，造成研究区沙 I 油藏油水界面不明显，油藏底水主要分布于南部小层下倾方向。近基浊流沉积作用使各小层的南缘位于浊积体上超面附近，储层粒序多具正韵律特点，小层北缘位于下超面附近，具反韵律特点，小层中部一般为块状均质沉积^[3]，因此，从南向北各小层储集物性及含油性呈逐渐变好的趋势。

4.3 小层砂体沉积特征对注水开发效果影响

受研究区南低北高构造格局及砂体沉积分布特征影响，在注水开发过程中，同一小层中的注入水主要沿同一相域流动，当注水井由南向北方向排列时所钻遇的砂体往往同深而不同层。因此，在同一小层中注入水除向该层东西方向渗流外，在注入压力和重力作用下，主要沿该层下倾方向由北向南，由高向低形成主渗流通道，以至造成油层底部过早水淹。如分布于研究区第 15 小层中的桩 50、52-34、52-11、52-46 四口井中，最北部的桩 50 井于 1986 年转注，其南部桩 52-34 井 1992 年 2 月投产初期含水就高达 86.6%；桩 52-11 井 1986 年 4 月投注，南部桩 52-46 井 1991 年 10 月投产很快就进入高含水期，当 1995 年 7 月桩 52-11 井调剖堵水后，仅 15 天桩 52-46 井就见效，而其以北方向上的井变化均不明显。又如沿东西方向排列同处在第 9 小层中的桩 52-5、52-1 和桩 56 井，当桩 52-1 井注水后，除在其南部的井见效显著外，桩 52-5 和桩 51 井也都明显见效，唯有处在该井以北方向的桩 53-36 井见效不明显。由此可说明，受构造和浊积体前积穿时作用影响，在同一小层中注入水除沿东西方向渗流外，主要是由北向南沿小层倾斜方向形成主渗流通道。通过对桩 52 断块沙 I 油层沉积微相研究，结合油田开发动态资料综合分析后认为，在目前油田注水开发已进入中高含水期时，剩余油主要集中在小层砂体分布的高部位，即同一小层北部构造高点位置，尤其是在含油面积大，砂体南北分布范围较广的第 4、5、10、13、14、15、16 小层的北部高点。对于研究区目前已高含水的区域和生产井，建议在搞清小层砂体平面和垂向分布对应关系后，在同一小层下倾部位的注水井中可采取调剖堵水措施，以封堵或改变注入水仅沿砂层高渗带形成的主渗流通道，起到调整吸水剖面扩大水驱波及面积的作用。

参 考 文 献

- 1 Cross T A, Baker M R, Chapin M A, et al. Applications of high resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis. In: Eschard R, Doligez B, eds. Subsurface reservoir characterization from outcrop observations, Proceedings of the 7th Exploration and Production Research Conference. Paris: Technip, 1993. 11~ 33
- 2 全强, 王伟峰, 刘泽容, 等. 油藏地质模型的建立及其应用. 石油学报, 1995, 16(1): 32~ 37
- 3 刘宝珪, 张锦泉. 沉积成岩作用. 北京: 科学技术出版社, 1992

2 王屿涛. 准噶尔盆地天然气分布规律及勘探方向. 天然气地球科学, 1996, 7(1): 1~7

POOL-FORMING HISTORY OF OIL AND GAS IN SOUTH MARGINE OF JUNGGAR BASIN

Wang Yutao Gu Bin Wang Lihong

(*Research Institute of Petroleum Exploration and Development,
Xinjiang Petroleum Administration, Kalamay, Xinjiang*)

Abstract

Three anticline zones developed on the south margin of Junggar Basin. The first anticline zone formed Triassic oil reservoirs in Indosinian period and formed Jurassic reservoirs in Himalayan period. The first zone uplifted and was destroyed due to the Himalayan movement, the natural gas generated in Jurassic source rock migrated into the second and third anticline zones, thus forming coal related gas reservoirs; the gas generated in Permian source rock could not enter the overlying strata due to their great thickness. The discovery of Hutubi gasfields indicated that the deep strata in the study area may have significant hydrocarbon prospects.

(上接第 290 页)

RELATIONS BETWEEN SEDIMENTARY MICROFACIES AND OIL-WATER DISTRIBUTION OF SHA-I POOL IN ZHUANG 52 BLOCK

Sun Wei Pu Renhai Cheng Shunyou Luo Jinglan Zhang Qingguo

(*Northwest University, Xian, Shaanxi*)

Chen Zhenxin Liu Zejun Ma Yingjun

(*Zhuangxi Oil Recovery Factory of Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong*)

Abstract

Reservoir I in the lower part of the third member of the Shahejie Formation is attributed to midfar external fan facies zone of nearshore turbidite fan in Zhang-52 block fault, Zhanhua Sag. According to the division of single well base level cycle and the correlation of key horizon on 3-D seismic profile, oil reservoirs exist in the progradation retrogradation bodies extending from south to north based on isochronous principle, the isochronous relation of the top and base boundaries of the reservoirs of adjacent wells were made out, so the sequences of sedimentary cycles of each well. Then the nearshore turbidite bodies in the study area were divided into 20 imbricate prograding bodies. In vertical, single well may drill four subbeds. The south edges of the turbidites are near the onlap boundaries of the turbidites and the reservoir grain grade appears positive rhythmic property while that of the north edges shows negative rhythmic property, the central part of the subbeds are massive homogeneous deposits. The physical properties and petroleum bearing property of the subbeds get better from south to north and the best ones are in the central and north parts of the study area.