

高尚堡油田沙三段二、三亚段 沉积体系与沉积相*

游秀玲

(地质矿产部石油地质研究所, 北京 100083)

金彦君

(地质矿产部石油地质综合大队, 湖北荆州 434100)

常学军

(冀东石油勘探开发公司勘探开发地质所, 河北唐山 063200)

高尚堡油田沙河街组三段二、三亚段为湖岸沉积体系, 属扇三角洲沉积。扇三角洲由三个亚相组成, 而构成其主体的则是扇三角前缘亚相, 尤以近岸水下分流河道最为发育, 为含油气性最好的砂体, 远端席状砂次之。沉积相带与含油气性有较好的相关性, 据此对区内断块进行评价预测, 指出30个有利含油相带, 28个较有利含油相带。

关键词 高尚堡油田 沉积体系 沉积相 扇三角洲 含油远景

第一作者简介 游秀玲 女 49岁 高级工程师 沉积学与油藏地质

1 概况

高尚堡油田地处冀东地区南堡凹陷北部, 是一个被断层复杂化的背斜, 构造面积 48 km^2 , 闭合度 850 m 。目前已钻探、试油的地层主要为新生界, 自下而上有下第三系沙河街组、东营组, 上第三系馆陶组、明化镇组, 第四系平原组。油田目的层为始新世沙河街组三段, 厚度约 $1\ 100\sim 1\ 650\text{ m}$ 。深部油层沙河街组三段二、三亚段是由离物源较近的一套陡岸粗碎屑沉积物构成, 厚约 $700\sim 1\ 000\text{ m}$ 。据钻井资料与开发动态资料将沙河街组三段二、三亚段沉积层分为6个油组, 其中0~I油组岩性以浅湖相沉积为主, 是深部油层的区域性盖层; II~III油组岩性为一套成熟度较低的粗碎屑岩, 为主要储集层; IV~V油组由于埋藏较深, 大部分钻井未钻穿。其下沙河街组三段四亚段沉积岩性为一套区域性分布的油页岩-泥岩, 是深部油层的生油层。

2 沉积体系与沉积相分析

2.1 沉积体系

沉积体系是一组成因上被沉积环境和沉积过程相互联系在一起的沉积相的三维组合。一

* 参加此项研究的还有冉启佑, 刘翠荣, 姚军辉

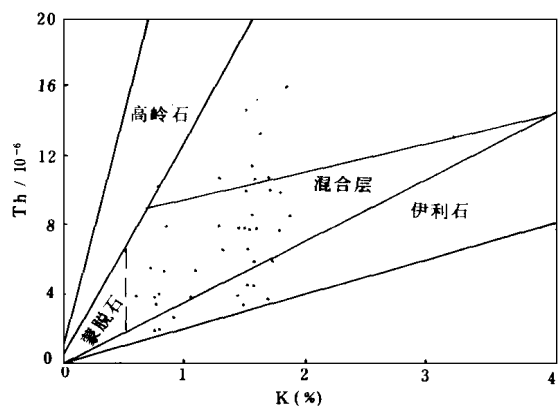


图 1 G3106 井Ⅲ油组 K, Th 散点图

般说来,扇三角洲由于多发育于浅水环境,属湖岸沉积体系;而深水浊积扇多发育于深水环境,属深湖沉积体系。

根据地层倾角测井资料^[2]分析,沉积水深估计不会超过 15 m。粘土矿物 K 与 Th 含量交汇图显示,大部分数据点落在伊利石和蒙脱石的混合层内(图 1),表明沉积期总体处于弱氧化-弱还原环境。据 5 口井岩芯观察,泥岩大多以浅灰、灰绿及灰褐色为主,缺乏灰黑色深湖相泥岩。区内广泛分布植物碎屑及完整的植物叶、植物茎和腹足类化石(似瘤田螺),也指示工区水体较浅。区内介形类化石不如孢粉及藻类化石发育且保存较差,在为数不多的介形类化石中,又以伸长型的浅水玻璃介为主,孢粉中水龙骨科单缝孢、三角孢、桉木粉和杉粉等,亦指示了近岸水体环境的存在。因而,无论是测井相、岩石相,还是古生态研究,均表明工区为水动力较强的滨、浅湖环境,据此,可确定沙河街组三段二、三亚段总体为湖岸沉积体系。

2.2 沉积相分析

如果以稳定矿物(石英)与非稳定矿物(长石+岩屑)之比代表矿物成熟度,本区平均值仅为 0.45,较辽河地区、松辽地区的 0.71~0.73 低得多。岩石粒度分选系数在 2.1 左右,平均粒径在 2.17~4.76 Φ 。可见矿物成熟度、结构成熟度均较低,代表了一套近物源、快速搬运、快速堆积的岩石相。这种岩石相多属陆盆扇体沉积类型^[3],它们包括水下冲积扇、扇三角洲、深水浊积扇 3 种沉积类型,这 3 种沉积类型特征及鉴别标志均有所不同^[4]。扇三角洲沉积以水浅、搬运机制为牵引流、沉积层系具三层结构并含水上沉积部分等特点与深水浊积扇、水下冲积扇相区别。将区内 7 口单井相分析结果归纳如图 2,不难看出:

(1) 沉积体明显具顶积层、前积层和底积层三角洲沉积所特有的三层结构;

(2) 层面构造以冲刷构造、交错层理、波状交错层理为主,缺乏深水

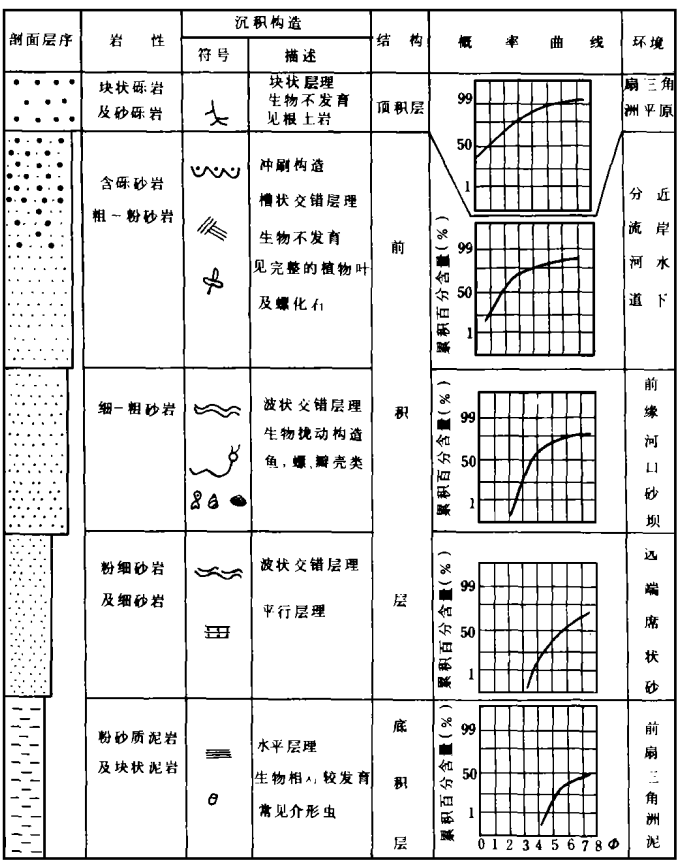


图 2 沙河街组三段二、三亚段沉积层序

浊积扇所特有的递变层理; (3) 各种亚相岩石 $C-M$ 图与概率图都反映了沉积物的搬运以牵引流为主(图 3); (4) 平原相中根土岩的出现说明区内有陆上部分存在。

3 扇三角洲沉积特征

考虑到沉积成因作用仍以河流为主, 同时为了突出其三分性, 仍沿用河湖三角洲的习惯分法, 将扇三角洲划分为: 扇三角洲平原、扇三角洲前缘及前扇三角洲三个亚相, 各亚相相组合及沉积特征如下。

3.1 扇三角洲平原亚相

扇三角洲平原亚相(顶积层)位于扇三角洲的陆上部位。它与正常河湖三角洲的平原相不同点在于: (1) 缺乏曲流河段; (2) 沉积物表现为辫状河沉积特点或者就是冲积扇, 其岩性为结构成熟度、成分成熟度均较低的粗碎屑岩; (3) 化石缺乏, 在顶部泥岩中偶见植物根系或虫孔, 测井曲线以箱形-钟形为主, 反映沉积物堆积方式为加积到退积式, $C-M$ 图只发育 PQ 、 QR 段, RS 段不发育(图 3-A), 其最大扰动指数 C_s 约为 $-0.5 \Phi(1414 \mu m)$, 概率曲线为向上凸出的弧线, 分不出滚动与跳跃次总体, 表现出水流迅急的洪水建造特点。

3.2 扇三角洲前缘亚相

扇三角洲前缘亚相为扇三角洲沉积的主体, 基本位于水下, 是扇三角洲的水下部分, 由近岸水下分流河道(含分流间湾)、前缘河口砂坝(深水邻近断

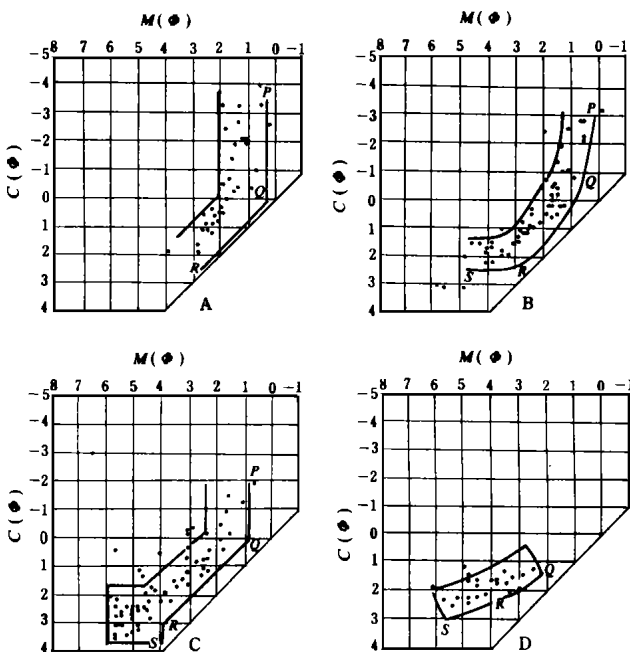


图 3 扇三角洲沉积 $C-M$ 图

A—扇三角洲平原; B—近岸水下分流河道;
C—完整的前缘沉积; D—远端席状砂

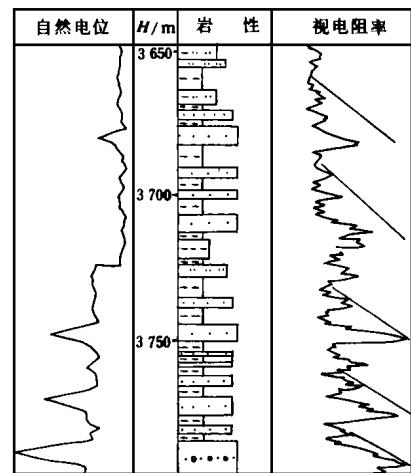


图 4 G66 井近岸水下分流河道沉积特征

层处还发育有滑塌浊积砂)及远端席状砂等微相组成。

3.2.1 近岸水下分流河道

近岸水下分流河道在整个扇三角洲沉积中占有相当重要的位置, 在扇三角洲前缘带中所占面积和厚度最大, 也是含油气性最好的一类砂体。以 G66 井为例(图 4), 沉积自下而上由粗到细构成一个一级正旋回, 旋回内又可分成多个次级旋回, 自下而上单旋回规模变小单层砂岩厚度变薄, 粒级变细到顶部逐渐被湖泛面所淹没, 沉积物主要为灰白色砂砾岩、灰绿色粗砂岩、细砂岩、粉砂岩及灰褐色泥岩组成频繁的正韵律, 韵律底部常见冲刷面。测井曲线特征与辫状河相似, 反映堆积方式以加积到退积为主。岩石类型与扇三角洲平原亚相相同, 但石英含量增高, 层面构造以小型交错层理为主, 含少量的螺化石及植物茎、叶、鱼化石碎片。 $C-M$

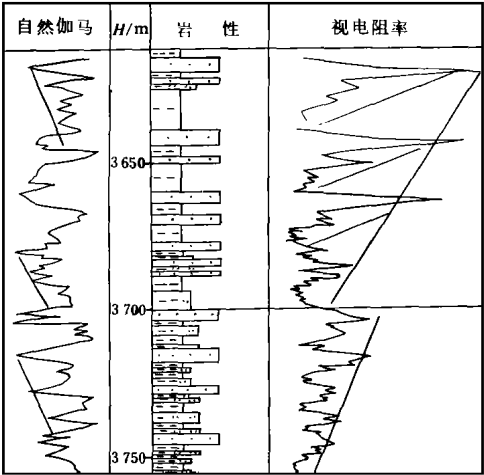


图 5 G17 井前缘河口砂坝-远端席状砂沉积特征

图发育有 PQ, QR, RS 段(图 3-B), 呈牵引流为主的图形, 概率累积曲线以两段型为主, 由跳跃、悬浮两个次总体构成, 粒级范围在 $1\sim5\Phi$ 之间, S 截点为突变型位置在 $2.5\sim3.5\Phi$ 之间。

3.2.2 前缘河口砂坝与远端席状砂

前缘河口砂坝位于近岸水下分流河道的侧缘及其前缘, 剖面上为双凸或底平上凸透镜体, 相当于正常河湖三角洲中的河口坝沉积, 尽管在扇三角洲沉积中所占地位远不如河湖三角洲那么重要, 而且与河口砂坝相比分选差、粒度粗, 以中-细砂岩为主, 但如果沉积物有足够供应, 也能形成大片厚层的垛状砂体。远端席状砂分布于扇三角洲河口砂坝的前缘或侧缘, 紧临前扇三角洲, 砂体分布稳定, 但相带较窄, 厚度较前缘河口砂坝薄, 粒级较细以粉细砂岩为主。以 G17 井为例(图 5), 下部为远端席状砂, 上部为前缘河口砂坝, 其共同特点为每一个旋回均反映出反韵律的特征, 砂岩概率曲线发育跳跃及悬浮两个次总体, 粒度范围在 $1\sim6\Phi$ S 截点为过渡型, 位置在 3.5Φ 左右。测井曲线为漏斗型特征, 反映堆积方式以前积式为主。

3.3 前扇三角洲亚相

前扇三角洲亚相分布狭窄, 主要是悬浮物质在能量相当弱的条件下垂直加积而成, 向湖中延伸很快过渡到湖相沉积。以 G65-1 井为例(图 6), 岩性主要为灰绿灰黑色泥岩、粉砂质泥岩, 测井曲线以低平齿形为主, 为一从前扇三角洲到前缘河口砂坝完整的反旋回。

综上所述, 高尚堡沙河街组三段二、三亚段扇三角洲, 从陆地向湖泊沉积相带分布顺序为: 扇三角洲平原—近岸水下分流河道(包括分流间湾)—扇三角洲前缘河口砂坝—远端席状砂(含滑塌浊积砂)—前扇三角洲—湖相。

4 沉积相与含油远景

为满足油田生产的需要, 我们对 I—IV 油组分别进行沉积相的展布与含油气的关系进行了研究, 并编制了相应的图件。

本文仅以 II 油组为例, 讨论沉积相带展布与含油气关系。本组沉积相带发育较齐全, 但以扇三角洲前缘沉积为主, 而扇三角洲前缘相又主要由向湖盆延伸较远的水下分流河道及不太宽的远端席状砂组成。从河流形态与相带展布特征可知, 本期湖盆水体较浅, 湖底比较平坦, 有 3 条水道入湖: 来自 NE 向沿 G3103-G17-G15-10 井的分流河道, 来自 SW 方向的沿 G12-G75-1 井的分流河道和来自 SE 方向沿 G99-3-G30 井的分流河道。3 条水道前缘是远端席状砂, 夹持在东边两条水道间的是分流间湾沉积。位于

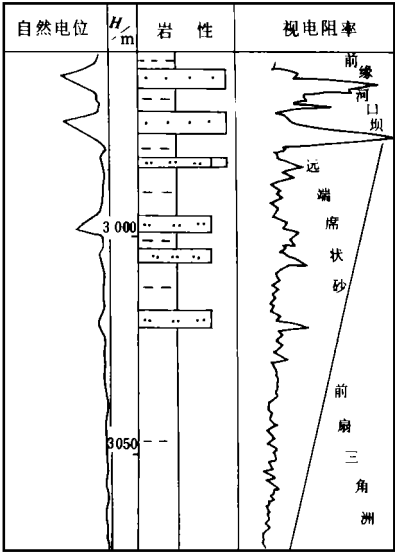


图 6 G65-1 井前扇三角洲-前缘河口砂坝沉积特征

主体开发块的沉积相带为近岸水下分流河道及远端席状砂, 构成区内主力产油层。油田范围内日产量大于3 t 的井, 大部分分布在近岸水下分流河道及远端席状砂亚相, 小于3 t 的井主要分布在前扇三角洲及分流间湾亚相, 扇三角洲平原亚相油气贫乏(图7)。探明储量分布于扇三角洲前缘的占总量的79.3%, 分布前扇三角洲的占13.7%, 外围扇三角洲平原占7%。由此可见, 沉积相带与含油性有较好的相关性。据此对工区

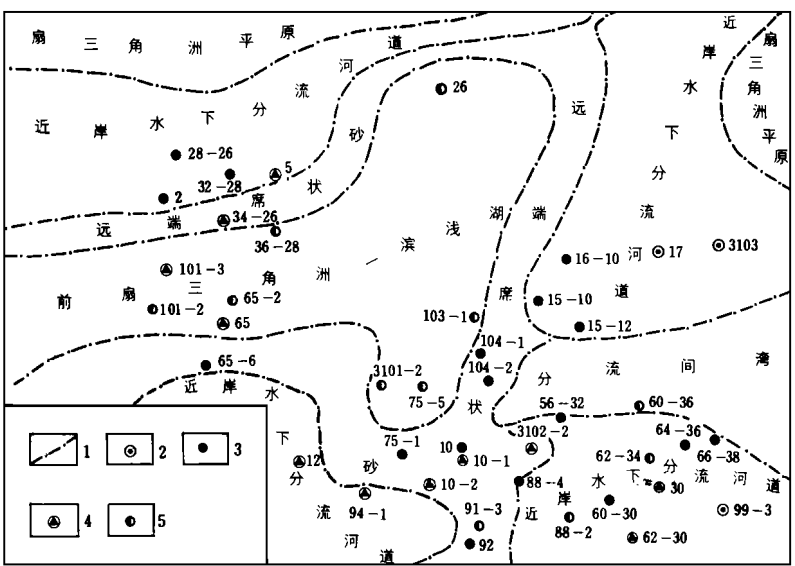


图7 高尚堡油田沙河街三段三亚段Ⅱ油组沉积相展布略图

1—相带分界线; 2—钻井; 3—日产量大于5 t 井;
4—日产量大于3 t 井; 5—日产量小于3 t 井

92 个断块含油气性进行预测评价(表1), 结果与生产实际符合程度高, 取得明显的经济效益。如图7 东北角位于G17 井区块内的G15-10, G15-12, G16-10, 编图时均未完钻, 钻井结果证实它们均获10 t/d的高产。另据此图预测结果分别在西北G5 区块、南部的G99-3 区块部署的4 口井也都获高产油流。

表1 含油断块分类评价表

分 类	I 油组断块	II 油组断块	III 油组断块	IV 油组断块	合计
有利含油相带 (I)	5, 6, 11, 26 3103 以东	2, 5, 6, 12, 17, 22, 30, 62-30, 62-36, 62, 66-36 3103, 3104, 3105	2, 5, 6, 12, 17, 34-26 56-36, 62-30, 66-36 89-2, 91, 3103, 92-2	17, 22, 30, 62-36, 89-2 91, 3105	30
较有利含油相带 (II)	12, 14, 16, 19, 22, 26, 30, 34-26, 66-36, 81	7, 14, 34-26, 81, 89-2, 91, 92 东, 92-2, 3102	22, 81, 92 东, 3102	7, 11, 14, 3102, 3104	28
较差含油相带 (III)	2, 7, 16, 17, 56-36, 62-30, 62, 81, 89-2, 91, 92 东, 92-2, 3102, 3104, 3105	11, 16, 16 南, 19, 26, 56-36	7, 11, 14, 19, 26, 30, 3104, 3105	16, 16 南, 26, 62-30, 92 东	34

5 结论

(1) 沙河街组三段二、三亚段沉积为湖岸沉积体系, 充填型式为冲积扇(水上辫状河)-扇三角洲-浅湖, 沉积物为一套近物源, 快速搬运、快速堆积的粗碎屑岩系, 储层沉积相为扇三角洲相。

(2) 构成扇三角洲的主体是扇三角洲前缘亚相, 其中尤以近岸水下分流河道最发育, 且为

工区含油气性最好的砂体, 其次是远端席状砂。与正常河湖三角洲相比, 前缘河口砂坝不发育, 但亦为含油气性较好的砂体。

(3) 沉积相带与含油气性有较好的相关性。根据沉积相带、砂体类型、构造部位对 92 个区块进行评价预测, 其中有 30 个为有利含油相带, 28 个为较有利含油相带。

参 考 文 献

- 1 周书欣, 特赖 V P, 普拉特 N H 等. 湖泊沉积体系与油气. 北京: 石油工业出版社, 1986. 192~216
- 2 刘翠荣, 冉启佑, 游秀玲. 高尚堡油田沙河街组三段测井相分析. 石油与天然气地质, 1996, 17(2): 140~145
- 3 丘东洲, 何治亮. 碎屑岩沉积相研究. 北京: 石油工业出版社, 1986. 148~154
- 4 中国石油学会石油地质委员会. 国外浊积岩和扇三角洲. 北京: 石油工业出版社, 1986. 304~314

SEDIMENTARY SYSTEM AND FACIES OF Es_3^{2+3} SUBMEMBERS IN GAOSHANGPU OILFIELDS

You Xiuling

(*Institute of Petroleum Geology, MGMR, Beijing*)

Jin Yanjun

(*Comprehensive Research Institute of Petroleum Geology, MGMR, Jingzhou, Hubei*)

Chang Xuejun

(*Institute of Geology, Jidong Petroleum Exploration & Development Cor., Tangshan, Hebei*)

Abstract

The second and third submembers in the third member of Shahejie Formation(Es_3^{2+3}) in Gaoshangpu Oilfields are lakeshore sedimentary system of fan-delta facies. The fan-delta facies consists of three subfacies, and delta-front subfacies is the main body. Nearshore subaqueous channel sandbodies developed well and these are most potential oil-bearing places, distal sheet-sands are secondary. It has been proved that sedimental facies and belts bear fine correlation with oil bearing potential. According to this point, fault blocks within the study area were estimated and predicted, the results suggest that thirty of them are favourable hydrocarbon bearing belts and twenty eight of them are secondary favourable belts.