

# 萨中开发区萨二油层河间砂体细化表征方法

邓庆军, 张永成, 裴占松, 周志国

(中国石油大庆油田有限公司第一采油厂, 黑龙江 大庆 163001)

**摘要:** 为了提高萨中开发区萨二油层组河间砂储层的动用程度, 需要从成因角度精细描述河间砂体类型。依据取心井资料 and 野外露头剖面, 结合开发生产的需要对河间砂体进行了分类, 建立了河间砂体三维空间分布模式; 利用与邻井河道砂体匹配关系及平面组合关系, 制定了表征河间砂体的主要参数及分类标准。与邻井河道相比, 天然堤层位偏上, 单砂体厚度一般小于 1.5 m, 有效厚度大于 0.2 m; 决口水道位于层位中下部, 单砂体厚度较大, 有效厚度一般大于 0.5 m; 河漫滩和决口席状砂可根据平面组合加以区分。基于细化表征方法建立了河间砂的自动识别技术和程序, 提高了识别精度和效率。

**关键词:** 河间砂体 天然堤决口 水道决口 席状砂 萨二组

**中图分类号:** TE122

**文献标志码:** A

## Fine characterization method for interchannel sandbody in S – II layer of Sazhong Oilfield

DENG Qingjun, ZHANG Yongcheng, PEI Zhansong, ZHOU Zhiguo

(No. 1 Oil Production Plant of Daqing Oilfield, CNPC, Daqing 163001, China)

**Abstract:** In order to improve the producing degree of interchannel sandbodies in S – II layer of Sazhong Oilfield, it is necessary to elaborate types of the interchannel sandbodies from the genetic point of view. Based on coring data and profile of field outcrop, combined with the requirements of development and production, the interchannel sandbodies were classified, and the 3D spatial distribution pattern of the interchannel sandbodies was established. Using the matching relationship with channel sandbodies in adjacent wells, as well as the plane combination relationship, the main parameters and classification criteria were formulated for characterizing the interchannel sandbody. Compared with the channel in adjacent wells, natural levee is in the upper part, where single sandbody has generally a thickness of less than 1.5 m and an effective thickness of greater than 0.2 m. The crevasse channel is in the middle – lower part, where single sandbody has greater thickness, and generally an effective thickness of greater than 0.5 m. The floodplain and crevasse sheet sandbody can be distinguished according to plane combination. The technology and program of automatic identification for interchannel sandbody is established based on the fine characterization method, which improves the accuracy and efficiency of identification.

**Key words:** interchannel sandbody; natural levee; crevasse channel; blanket sand; S – II layer

河间砂体是在洪泛时期由河流多次决口和泛滥形成的一套垂向加积物, 通常呈薄层 – 薄互层状, 交错叠置于河道两旁<sup>[1]</sup>。大庆油田萨中开发区经过 50 多年的开发, 已进入了特高含水开发后期, 一类油层三次采油基本结束; 二类油层已进入了三次采油开发后期<sup>[2-3]</sup>。二类油层中储层物性较好的河道砂体动用程度较高, 而储层物性较差的河间砂体动用程度较低; 其中萨葡油层中河间砂储量达  $3.6 \times 10^8$  t,

占其总量的 39.4%, 是目前剩余油主要储集体之一。由于河间砂成因复杂, 以往只按是否发育有效

收稿日期: 2018 – 02 – 11; 改回日期: 2018 – 03 – 23。

第一作者简介: 邓庆军 (1972—), 高级工程师, 现从事油田开发工作。E-mail: dengqj@petrochina.com.cn。

基金项目: 国家重大专项“大庆油田特高含水油田提高采收率示范工程” (2016ZX05054)。

厚度划分为表内砂岩和表外砂岩。为了提高河间砂体动用程度,有效挖潜剩余油,需要从成因角度精细描述河间砂体,为二类油层开发调整方案设计及后期综合挖潜措施的实施提供依据。

河间砂体的成因机理及判别标准前人已经做了大量的研究<sup>[4-7]</sup>,但是截至目前,仅在小区块个别小层开展了研究性的描述,未进行大区块高密度井网的精细描述。究其原因,河间砂体相对于河道砂体厚度薄,分布模式复杂,测井曲线特征不太明显,手动识别工作量大。前人对沉积微相的自动识别主要基于单井单层的“点”识别<sup>[8-10]</sup>,这种识别对厚度较大的河道砂体准确率较高,而对河间砂体的识别,往往会造成远离河道处发育河间砂体的矛盾。本文根据与邻井河道砂体匹配关系及平面组合关系,实现了基于三维空间的河间砂体自动识别。

1 萨中开发区储层概况

萨中开发区储层主要包括萨尔图油层、葡萄花油层和高台子油层,共分 10 个油层组、43 个砂岩组、144 个小层和 158 个沉积单元,总地层厚度约为 500 m。河道砂体类储层一直是开发的重点,油田进入开发中后期后,河间砂储层相对动用程度较低,剩余油较富集。根据大庆油田油层分类标准<sup>[11]</sup>(见表 1),河间砂体在萨中开发区二类油层中广泛分布,在各个沉积单元均有钻遇,其中萨葡油层有 38 个沉积单元的河间砂钻遇率大于 60%。

表 1 萨中开发区油层分类

萨中开发区油层分类	有效渗透率/ $\mu\text{m}^2$	钻遇率/%	代表层位
一类油层	$\geq 0.4$	$\geq 60$	葡 II-7、萨 II 7-8
二类油层	0.25~0.40	30~60	萨 II 1-3、10-16
三类油层	$\leq 0.25$	$\leq 30$	其他油层

2 萨二油层河间砂体类型

萨中开发区萨二油层组主要发育两类油层,是目前油田开发的主要层段之一。根据前人研究成果以及油田开发生产的需要<sup>[4]</sup>,将萨中开发区萨二油层组河间砂体细分为 2 大类、4 种沉积微相:溢岸沉积和决口沉积。其中溢岸沉积包括天然堤与河漫滩两种沉积微相;决口沉积包括决口水道和决口席状砂两种沉积微相。

3 河间砂体表征

对于萨中开发区 20 000 多口井的高密度井网,

常规的沉积微相自动识别方法<sup>[12-15]</sup>计算量太大。同时,由于河间砂体厚度较薄,测井曲线多为锯齿状或尖峰状,除了相对较厚的决口水道砂体之外,在单井中仅凭测井曲线形态很难确定其沉积微相类型(见图 1)。因此,需要结合河间砂体的分布模式进行识别。

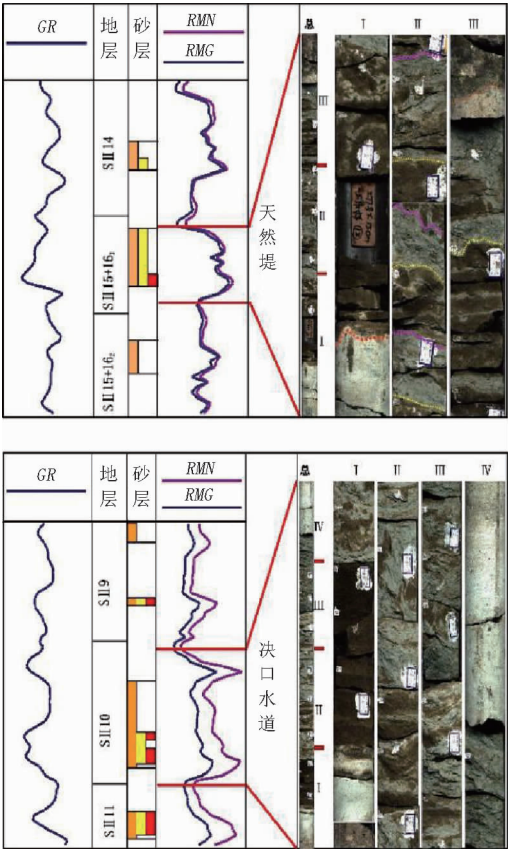


图 1 河间砂体岩心照片及曲线特征(Z44-JP204 井)

3.1 河间砂体三维分布模式

通过野外露头剖面解剖(见图 2)和取心井资料分析认为,萨中开发区萨二油层组的河间砂体识别可以通过河间砂体与河道砂体的相互配置关系及河间砂体的发育情况进行综合识别。结合河间砂体成因<sup>[4]</sup>,研究认为:与邻井河道砂体相对照,其中层位较高、位于河道砂体顶部的河间砂体可定为天然堤沉积;层位偏中下,厚度较厚(有效厚度 $\geq 0.5\text{ m}$ )可定为决口水道沉积(见图 2、图 3);而砂体厚度较薄的定为河漫滩或决口席状砂沉积(二者可根据平面形态进行区分)。

通过上述分析,建立了河间砂体的三维空间分布模式:天然堤通常分布在河道砂体的两侧,层位偏上,河漫滩与其紧邻分布;决口水道一般位于河道的凹岸,如果能量较强可形成新的河道,能量弱时则形成呈扇状分布的决口席状砂(见图 4)。



图2 河间砂体野外露头剖面

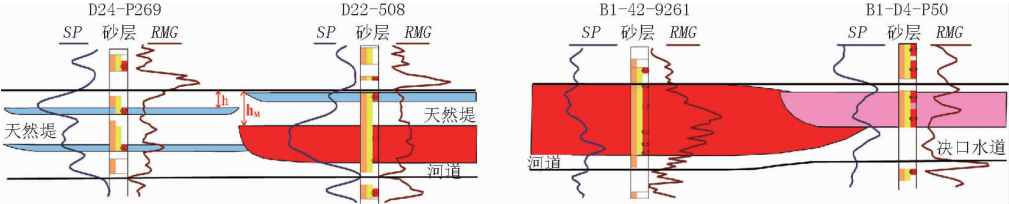


图3 萨Ⅱ油层河间砂体分布模式

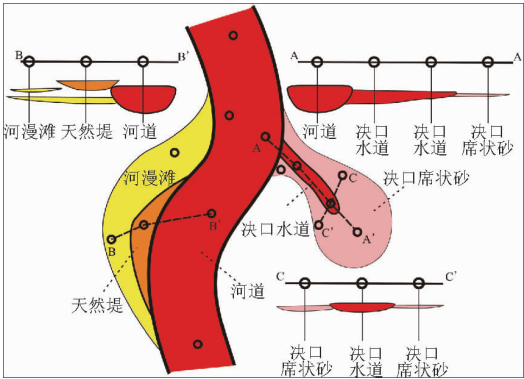


图4 河间砂体三维空间分布模式

3.2 河间砂体表征参数

根据河间砂体三维空间分布模式,经过大量统计确定了河间砂体的表征参数:顶部泥岩厚度( $h$ )、河道主体砂体深度( $h_M$ )、单砂体厚度最小值、最大值及个数等参数。

(1)顶部泥岩厚度:即小层内顶部有效砂体或砂岩顶距离小层顶面的距离。它代表了小层内顶部砂体发育的相对位置,如图3中D24-P269井顶部泥岩厚度 $h$ 。

(2)河道主体砂体深度:对于河道砂体,若小层上部发育薄层砂(图3中D22-508井),则顶部泥岩厚度( $h$ )不能反映河道主体砂体的位置,可用 $h_M$ 参数表征河道砂体的位置。该参数为较厚砂体(如厚度大于0.5 m的砂体)顶距离小层顶面的厚度。

(3)其他参数:依据单砂体厚度最小值和最大值可以判断砂体沉积时的能量大小;单砂体的发育个数则能反映砂体沉积的韵律特征。

3.3 河间砂体分类

根据河间砂体的三维空间分布模式及砂体发育

情况,通过与邻井的河道砂体对照,最终确定了河间砂体的分类标准(见表2)。天然堤与邻井河道相比,层位偏上,单砂体厚度一般小于1.5 m,有效厚度大于0.2 m,砂岩个数通常多于2个;决口水道单砂体厚度较大,有效厚度一般大于0.5 m,位于层位中下部;河漫滩和决口席状砂可根据平面组合加以区分。

表2 萨Ⅱ油层河间砂体分类标准

河间砂体类型	与邻井河道匹配关系	单砂体砂岩厚度/m	单砂体有效厚度/m	砂岩个数/个
天然堤	$h \leq h_M$	$\leq 1.5$	$\geq 0.2$	$\geq 2$
决口水道	$h \geq h_M$	$\geq 0.5$	$\geq 0.5$	$\geq 1$
河漫滩	与天然堤共生		$< 0.5$	$\geq 2$
决口席状砂	与决口水道共生		$< 0.5$	$\geq 2$

4 河间砂体三维自动识别技术

萨中开发区井数已达20 000多口,手工识别河间砂体工作量大,而且人工识别的标准往往不统一。结合上述河间砂体三维分布模式及分类标准,建立了基于三维空间的河间砂体自动识别技术。

河间砂体分类识别涉及到的数据库主要包括砂体数据库和小层界限库。首先将两库合并,计算每个小层的各项表征参数,形成判别小层微相的参数表。然后根据研究区河道砂体展布的主体方向(北南向),利用西东向及北南向的井排数据建立每口井的邻井索引表。最后根据邻井是否有河道发育、河道砂体与待判井砂体的匹配关系及厚度等分类标准综合判别河间砂体的微相类型(见图5)。通过与周围4口邻井砂体特征对比,在三维空间上实现了河间砂体类型的自动识别,提高了河间砂体微相的识别效率和精度。



依据上述流程,利用 Excel VBA 编程<sup>[16]</sup>实现了三维空间中河间砂体的自动识别。针对萨中开发区的高密度井网,通过算法优化实现了一次识别 5 个小层 4 000 多口井的河间砂体自动判别,满足了生产需要。

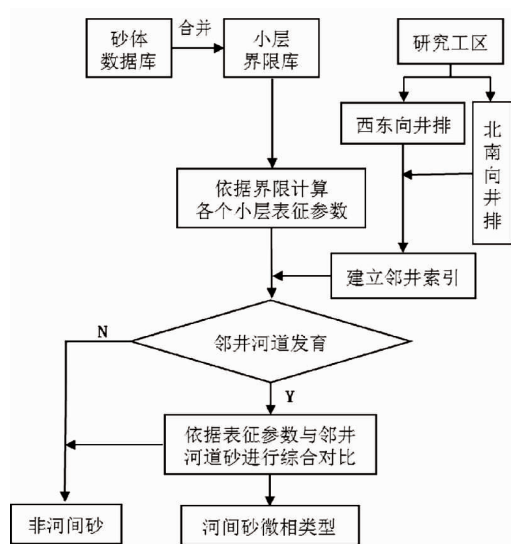


图5 河间砂体三维空间识别流程

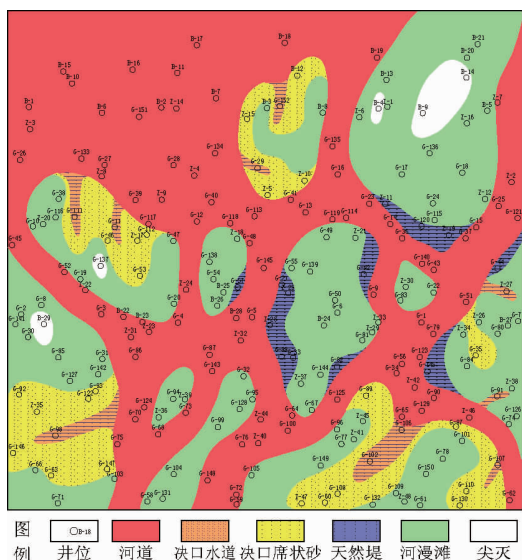


图6 萨II4小层河间砂体微相图(断东某区块)

## 5 应用分析

利用程序完成了萨中开发区断东区块萨二油层组 18 个小层 4 680 口井的河间砂体自动判别。识别结果可在储层描述软件(GPTMap)<sup>[17]</sup>中自动生成沉积微相底图,提高了后续相图的编制效率和精度(见图6),为后续河间砂的动用状况及水淹变化特征分析及剩余油挖潜方案的编制提供了可靠的基础图件。

## 6 结论

(1)依据取心井资料及野外剖面露头,结合萨中开发区河间砂体成因类型建立了河间砂体三维分布模式及分类标准。

(2)克服了以往单井单层“点”识别的弊端,建立了河间砂体的三维识别标准及技术流程,通过程序实现了河间砂体的自动识别,提高了识别精度。

(3)该技术流程通用性强,可推广到其他沉积环境相似的油层组或油田。

### 参考文献:

- [1] 隋军. 大庆油田河流-三角洲相储层研究[M]. 北京:石油工业出版社,2000:105-109.
- [2] 金毓荪,隋新光. 陆相油藏开发论[M]. 北京:石油工业出版社,2006:168-176.
- [3] 王玉普,刘义坤,邓庆军. 中国陆相砂岩油田特高含水期开发现状及对策[J]. 东北石油大学学报,2014,38(1):1-9.
- [4] 张红薇,赵翰卿,麻成斗. 泛滥-分流平原相储层中河间砂体的精细描述[J]. 大庆油田地质与开发,1998,17(6):22-24.
- [5] 何宇航,于开春. 分流平原相复合砂体单一河道识别及效果分析[J]. 大庆石油地质与开发,2005,24(2):17-19.
- [6] 赵翰卿,付志国,刘波. 应用精细地质研究准确鉴别古代河流砂体[J]. 石油勘探与开发,1995,22(2):68-70.
- [7] 李秀梅. 杏南开发区葡一组油层河间砂体精细研究[D]. 浙江大学,2011:16-27.
- [8] LAKZAIE A, GHASEM - ALASKARI M K. Reservoir facies modeling using intelligent data gathering in an Iranian carbonate field [C]//SPE121247,2009:1-4.
- [9] 王仁铎. 利用测井曲线形态特征定量判别沉积相[J]. 地球科学:中国地质大学学报,1991,16(3):303-309.
- [10] 雍世和,文政. 用 Bayes 判别法定量识别沉积微相[J]. 测井技术,1995,19(1):22-27.
- [11] 李洁,张善严. 喇萨杏油田特高含水期油层分类[J]. 大庆石油地质与开发,2007,26(6):86-90.
- [12] 倪新锋,田景春,陈洪德,等. 应用测井资料定量识别沉积微相:以鄂尔多斯盆地姬塬-白豹地区三叠系延长组为例[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2007,34(1):57-61.
- [13] 刘静,李正从,王智,等. 基于 ICA、PCA 与 SVM 方法的沉积微相定量识别[J]. 测井技术,2011,35(3):262-265.
- [14] 张永成. 三肇凹陷扶余油层沉积微相定量识别[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2013,35(1):11-14.
- [15] 李艳华,王红涛,王鸣川,等. 基于 PCA 和 KNN 的碳酸盐岩沉积相测井自动识别[J]. 测井技术,2017,41(1):57-63.
- [16] 张永成,王洪辉,段新国. Excel VBA 在测井数据标准化中的应用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2009,36(2):216-220.
- [17] 冯旭东,林春明,张霞,等. GPTMap 软件在大庆杏树岗油田杏三区东部葡 I 1-3 小层沉积微相研究中的应用[J]. 地质学刊,2016,40(3):493-500.

(编辑 谢葵)