

# 青海油砂山油田迷宫式分流河道 砂体地质模型的建立

林克湘 张昌民 刘怀波 雷卞军

(江汉石油学院, 湖北荆沙 434102)

屈平彦 马文雄 雷兵足 唐瑞英

(青海石油管理局勘探开发研究院, 甘肃敦煌 736202)

青海油砂山油田上新统下油砂山组底部,  $K_2$ — $K_{1-3}$ 标准层之间的分流河道砂体, 构成三角洲平原迷宫式储层骨架。地面露头的砂体骨架原型, 可作为建立地下预测模型的根据, 即可利用油田地面露头调查获得的宏观储层结构、砂体密度、砂体几何形态(主要是宽厚比)、区域古流向, 以及露头区砂体骨架原型模型中, 提取的总砂体面积比和不同厚度砂体面积比等地质信息, 建立地下砂体骨架横剖面预测模型、砂体骨架平面预测模型、渗透率分布模型。预测青海油砂山油田目前的井网, 仅控制了1/2的分流河道砂体, 仍有1/2的储层砂体尚未钻遇。这一结果为调整开发方案, 提供了重要依据。

**关键词** 青海油砂山 露头调查 分流河道 砂体骨架 原型模型 预测模型

**第一作者简介** 林克湘 男 53岁 副教授 储层地质

## 1 建模思路与流程

为研究开发剩余油和提高三次采油采收率, 以及寻找更隐蔽的储层, 迫切要求建立和提供精细的储层地质模型。一个完整的地质模型包括砂体骨架模型和储层参数(主要是渗透率)模型。参数的变化是受骨架宏观控制, 因此关键是建立砂体骨架的预测模型。砂体的数量、规模、延伸方向、连通性和连续性又是建立砂体骨架模型的关键问题。

为解决建模中的关键问题, 我们重新走上露头, 从露头研究入手, 测量砂体几何形态以及获取各项必须的信息, 然后结合油田地下资料进行建模。要求所研究的露头最好是地下储层在盆地的出露物<sup>[1]</sup>。我们选择了青海柴达木盆地油砂山作为研究的露头(图1)。该区露头出露良好, 上新统下油砂山组( $N_2$ )底部 $K_{1-1}$ — $K_{1-2}$ 标准层之间的层段, 与相对应的地下研究对象( $K_2$ — $K_{1-3}$ 标准层之间的层段)的地质条件、沉积环境基本一致, 是建立砂体骨架预测模型的有利地区。研究表明, 三角洲平原上的分流河道砂体是油砂山油田的骨架砂体, 砂体的三维空间组合构成了油砂山油田的迷宫式储层骨架<sup>[2]</sup>。

通过地面露头调查和地下资料分析, 笔者探索了将地面露头信息, 应用到建立地质模型的思路 and 流程(图2)。

## 2 从地面露头获取地下建模的信息

### 2.1 沉积体系

沉积体系是由一定的沉积过程，在一定的沉积环境下形成的三维地质体。砂体的几何形态、分布、层序、砂泥岩比例、非均质性等储层参数均受沉积体系的控制。因此，不同的沉积体系下可以形成不同规模的储层骨架。

油砂山油田  $K_2-K_{1-3}$  层段(地下)属于旱气候条件下的间歇

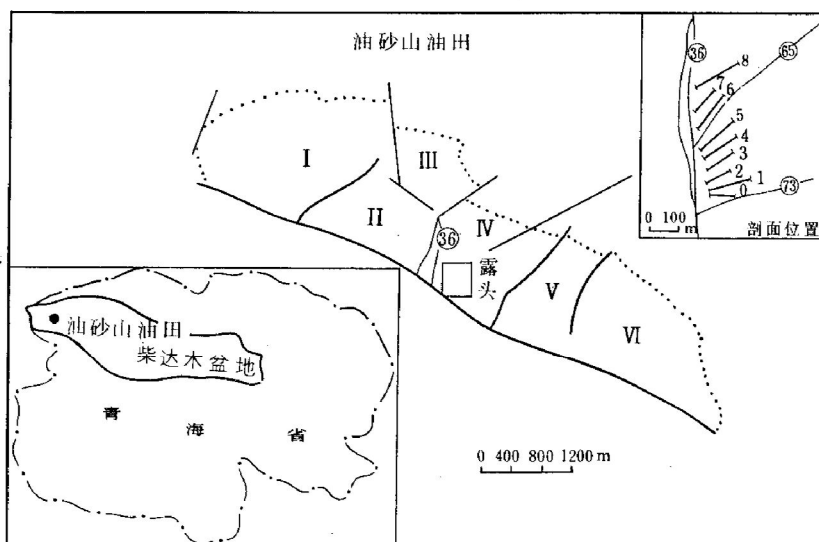


图1 油砂山油田露头地理位置图

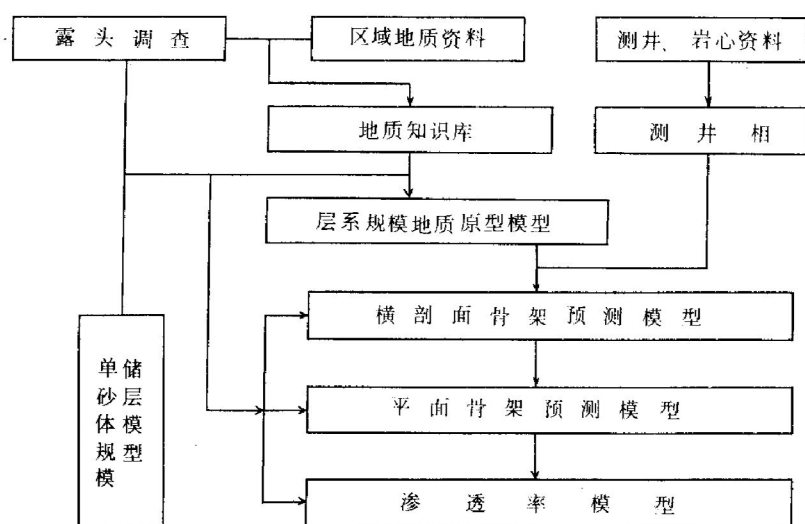


图2 建立储层地质模型的思路与流程

性涨缩湖盆三角洲沉积<sup>[3]</sup>，来自昆仑山-阿尔金山交界处的长轴辫状三角洲沉积体系起主要作用。油砂山地区在高水位（湖涨）期处于三角洲的前缘和前三三角洲相带，形成的河口坝砂体和席状砂体构成储层者较少；在低水位（湖退）期为三角洲平原，下切的分流河道砂体是油砂山油田的骨架砂体，它的三维空间组合构成了三角洲平原上的迷宫式储层结构。

### 2.2 砂体密度

砂体密度是指剖面上研究层段的砂体厚度与地层总厚度的比值，可为地下建模砂体的连通性提供定量依据。从露头测量的9个地层柱状剖面的密度统计来看，厚度 $\geq 0.5m$ 的密度值为15.3%~34.7%，平均26.4%； $\geq 1m$ 的为10.3%~28.2%，平均21.0%，据裴泽楠的划分标准<sup>\*</sup>，研究层段中的砂体属不连通的孤立透镜体。

### 2.3 砂体几何形态

从测量的23个露头砂体看，最大厚度为8m，最小厚度为1m，多数宽度小于50m。通过

\* 裴泽楠. 我国河道砂体储层沉积特征和非均质模式. 石油勘探开发科学研究院开发所(研究报告), 1984

统计,砂体的宽、厚经验关系式为:

$$\text{砂体宽度} = 9.85 \times \text{砂体厚度} + 2.28$$

该关系式为储层骨架模型的建立、河道砂体大小及边界的确定提供了定量依据。

露头砂体测量也是认识三角洲平原上分流河道砂体之间组合关系的基础。平原上大河道延伸长,小河道延伸短,大小河道时分时合,相互交织成网状展布。单河道呈鞋带状延伸,弯曲度呈低弯-顺直型。在建立地下砂体骨架平面预测模型时,分流河道砂体的展布就应该符合网状组合及河型的特点。

## 2.4 区域古流向

油砂山地区长轴辫状三角洲呈NW-SE向,露头测量得知,河道流向在 $45^{\circ} \sim 144^{\circ}$ 之间,总体流向为 $96^{\circ}$ 。故应以垂直 $96^{\circ}$ 的方向(即 $6^{\circ}$ 或 $186^{\circ}$ )作为建立砂体骨架原型模型、砂体骨架横剖面预测模型的剖面方向。

## 2.5 砂体骨架原型模型

砂体骨架原型模型是一露头区多个平行柱状剖面(图3)的详细描述、对比,结合镶嵌剖面图(图4)和砂体测量的基础上,根据砂体大小、位置、几何形态的实际格架建立的横剖面模型。它反映了储层砂体结构的真实面貌,实际上就是一个实测的砂体骨架剖面模型。该模型可为地下建模提供砂体面积比、不同厚度砂体的面积比、砂体钻遇率、不同厚度砂体出现的概率等参数。

# 3 砂体骨架原型模型

## 3.1 原型模型的建立

### 3.1.1 剖面校正

将测得的9个垂向柱状剖面,校正到垂直河道总体方向的横剖面位置上。

### 3.1.2 砂体宽度校正

河道展布方向与其总体方向一致时,横剖面上河道砂体的宽度即为垂直河道总体方向的

由此可计算得出,原型模型的横剖面面积 $A$ 为 $32353.4\text{m}^2$ 。对 $\geq 1\text{m}$ 的砂体,计算其横截面面

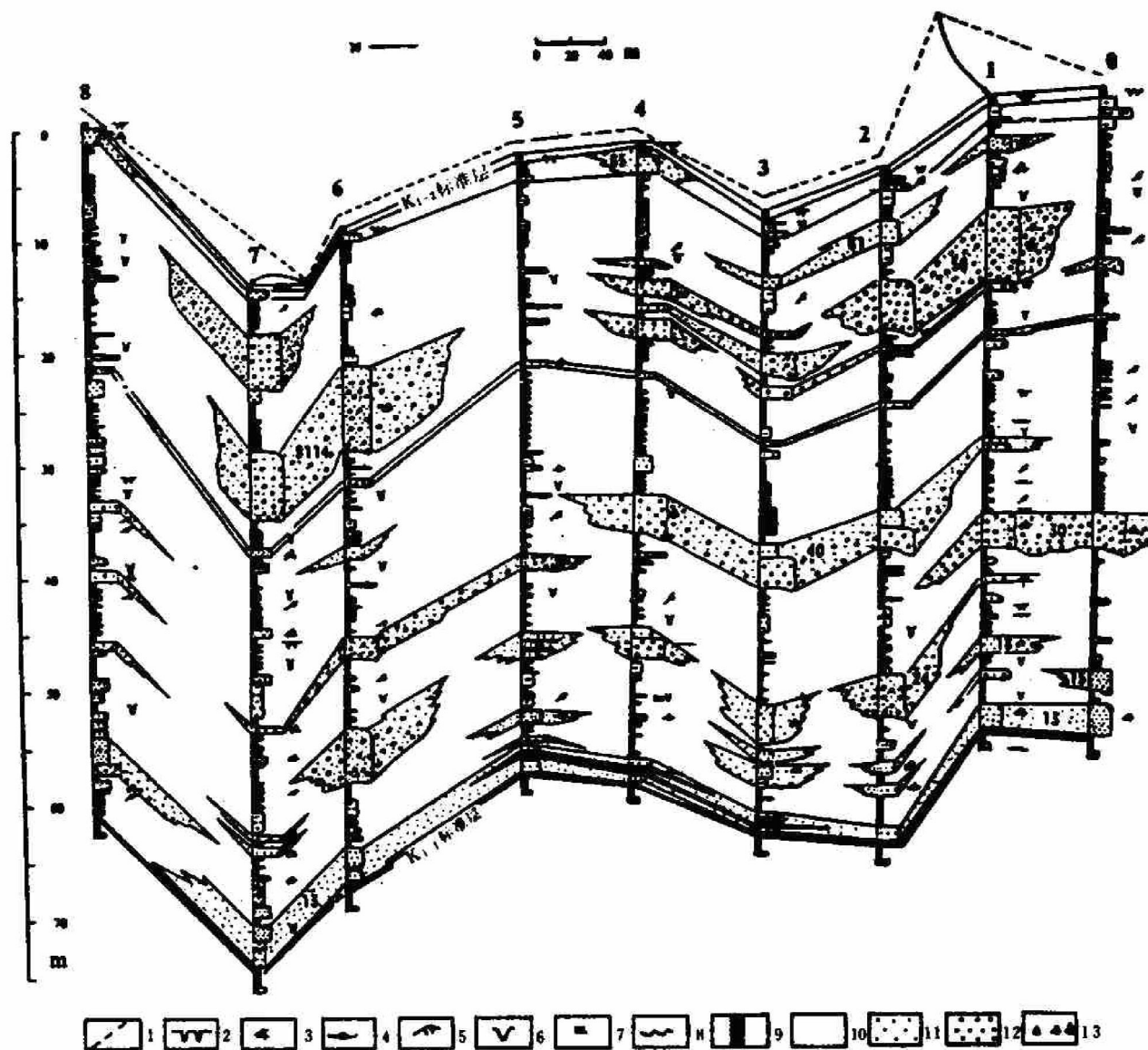


图3 露头区地层对比图

1—剖面线, 2—干裂, 3—交错层, 4—槽状交错层, 5—沙纹层理, 6—虫孔, 7—平行层理, 8—浪成波痕, 9—泥岩, 10—粉砂岩, 11—砂岩, 12—砾岩, 13—泥灰岩

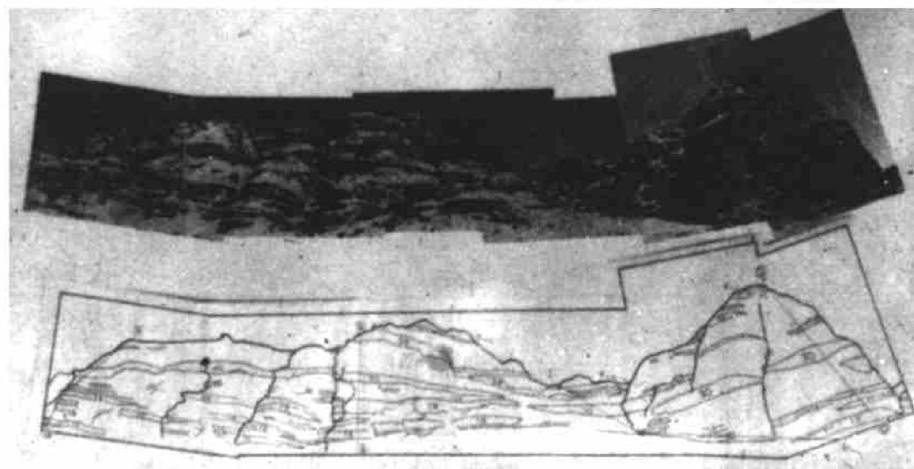


图4 0~3号剖面镶嵌图

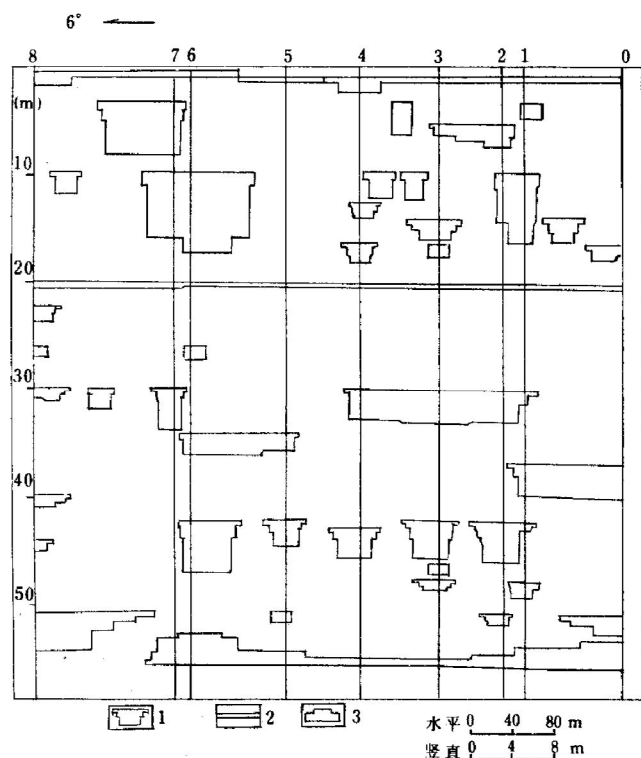


图5 地面露头砂体骨架原型模型

1—分流河道砂体, 2—席状砂体, 3—河口坝砂体

积(表1), 得砂体总面积  $A_1$  为  $5370.3\text{m}^2$ , 总砂体面积比(即  $A_1$  与  $A$  之比)为  $16.6\%$ , 此参数将作为计算内插砂体面积的定量依据。

### 3.2.2 不同厚度砂体的面积比

在原型模型中不同厚度砂体面积占砂体总面积  $A_1$  的百分比(表1), 可为地下砂体骨架横剖面预测模型建模中内插砂体数量的定量依据。

### 3.2.3 砂体钻遇率

原型模型中9个地层柱状剖面, 相当于9口井的钻井剖面, 每个柱状剖面的砂体个数相当于每口井钻遇的砂体个数, 每个柱状剖面中厚度  $\geq 1\text{m}$  的砂体平均为5.4个, 该值可作为地下建模中内插砂体钻遇率的依据。

### 3.2.4 不同厚度砂体的出现概率

从表1可看出, 薄砂体出现的概率高, 厚砂体出现的概率低, 这可作为地下建模中内插不同厚度砂体数量的参考依据。

## 4 砂体骨架横剖面预测模型的建立

据统计, 油砂山油田井下钻遇的最大砂体厚度是  $7.4\text{m}$ , 用宽厚比经验关系式计算, 该河道砂体的宽度为  $75.16\text{m}$ ; 若按上限值算, 最大宽度为  $92.14\text{m}$ , 也小于油田的最小井距 ( $100\text{m}$ )。通过109口井钻遇的砂体个数统计, 厚度在  $1\text{m}$  以上的砂体657个, 其中  $>5\text{m}$  的仅16个,  $4\sim 5\text{m}$  的56个,  $3\sim 4\text{m}$  的121个,  $2\sim 3\text{m}$  的181个,  $1\sim 2\text{m}$  的283个。绝大多数砂体宽度  $<50\text{m}$ , 仅  $2.44\%$  的砂体达到  $60\sim 100\text{m}$ 。在  $100\text{m}$  以上的井间距内肯定会有砂体遗漏。建立砂体骨架横剖面预测模型的主要目的, 就是预测井间未钻遇的砂体。

面为例，说明建模方法和步骤。

#### 4.1 第一步，计算横剖面面积

- (1) 视厚度校正。
- (2) 计算横剖面上各井的平均厚度。
- (3) 计算横剖面面积： $S = \text{剖面长度} \times \text{井段平均厚度} = 1500 \times 66.4 = 99600.0 \text{m}^2$ 。

#### 4.2 第二步，计算各井分流河道砂体面积

- (1) 砂体视厚度校正。
- (2) 根据宽厚比关系公式，计算砂体宽度和砂体面积。
- (3) 累加各井砂体的面积，得钻遇砂体总面积 ( $S_1$ ) 为  $4996.9 \text{m}^2$ 。

#### 4.3 第三步，计算横剖面中内插（预测）分流河道砂体的面积

(1) 计算横剖面中应有的分流河道砂体面积 ( $S_0$ )：按  $S_0 = S \times \text{砂体面积比}$ ，采用原型模型提供的砂体面积比  $16.6\%$ ，则  $S_0 = 99600.0 \times 16.6\% = 16533.6 \text{m}^2$ 。而钻遇砂体面积 ( $S_1$ ) 与横剖面面积 ( $S$ ) 之比为  $5\%$ ，表明还有  $11.6\%$  ( $16.6\% - 5\%$ ) 的砂体面积未钻遇（遗漏），有待预测。

(2) 计算内插（预测）砂体的面积： $S_2 = S_0 - S_1 = 11536.7 \text{m}^2$ 。

#### 4.4 第四步，计算横剖面中内插（预测）不同厚度砂体的面积

根据原型模型提供的各级厚度砂体面积比数值（表1），乘以  $S_2$ ，求得内插（预测）的不同厚度砂体的面积（表2）。

表2 内插的各级砂体面积及数量

| 各级砂体厚度/m | 内插各级砂体的面积/ $\text{m}^2$ | 各级砂体上限厚度面积/ $\text{m}^2$ | 内插砂体数量/个 |
|----------|-------------------------|--------------------------|----------|
| 1~2      | 1 684.4                 | 44                       | 38       |
| 2~3      | 2 849.6                 | 96                       | 30       |
| 3~4      | 3 784.0                 | 168                      | 23       |
| 4~5      | 1 465.1                 | 260                      | 6        |
| >5       | 1 753.6                 | 368                      | 5        |

#### 4.5 第五步，计算内插（预测）不同厚度砂体的数量

内插各级砂体的面积与各级砂体上限厚度的面积之比，就是各级砂体的数量（表2）。计算砂体上限厚度的面积时，砂体的宽度仍根据露头宽厚比关系式算得。从表2可看出，在横剖面中还应插入不同厚度河道砂体102个。

#### 4.6 第六步，在横剖面中插入各级河道砂体

(1) 内插时要考虑各单层砂体发育程度，因分流河道砂体的充填与水动力能量有关，具脉冲性、间歇性特点。某时间单元水动力能量强（如洪水期），在三角洲平原上冲刷出的河道

条纹多, 并有大型河道出现; 反之, 则河道条数少, 大型河道少见。因此, 在内插分配砂体数量及大小时, 要考虑各时间单元的砂体相对发育程度。

(2) 要考虑平面上大小河道的分布趋势。

(3) 要考虑河道砂体的结构类型。露头调查表明, 河道砂体在垂向和侧向上绝大部分是不连通的孤立透镜体, 因此内插的砂体绝大部分应是孤立的。

(4) 要考虑剖面上砂体的钻遇率。

(5) 根据露头调查, 适当考虑河道砂体的间距。

(6) 把按各级厚度的上限值算出的砂体内插到横剖面中的井间。

经过上述步骤就完成了 I-I' 横剖面砂体骨架预测模型的建模 (图 6)。

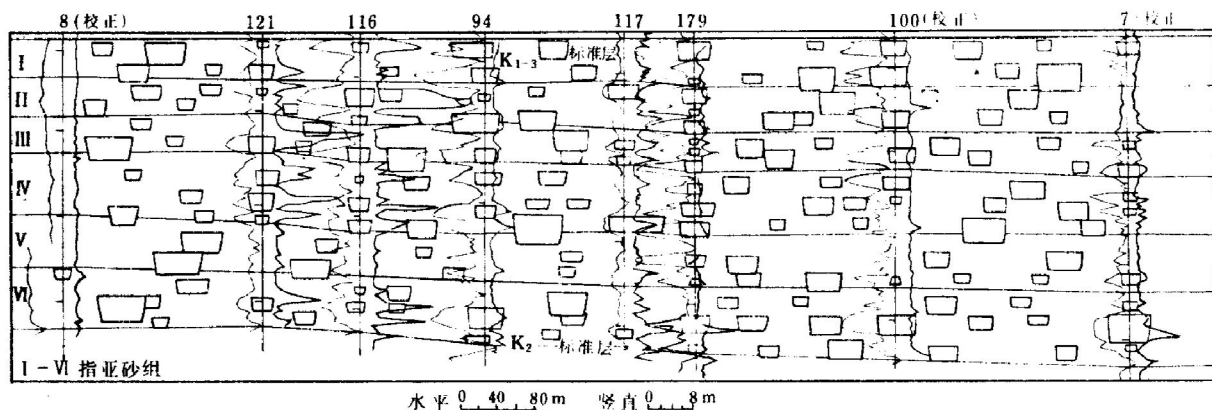


图 6 I-I' 横剖面预测模型 ( $K_2$ - $K_{1-3}$  砂组)

## 5 砂体骨架平面预测模型的建立

砂体骨架平面预测模型是指单层的砂体 (同时不同体), 包括已钻遇和未钻遇 (预测) 的砂体, 按其几何形态和河道的展布规律表现在二维平面上的结构模型, 是由砂体骨架横剖面预测模型转化而来的。因此, 它必须有能够控制砂体骨架平面展布的、足够的、一定间隔距离的横剖面预测模型。

### 5.1 问题

平面预测模型的建模中常遇到这样 3 个问题: (1) 如何按照分流河道砂体的展布特点组合在平面上; (2) 如何确定河道边界线的位置; (3) 如何判断哪些井是钻遇河道中心, 哪些井是钻遇河侧。这三个问题是互相关联的, 实质就是确定河道位置和河道的大小。问题的解决要考虑砂体的大小, 电相曲线的形态特征、砂体的宽厚比、河道的展布方向、河型特点等综合因素。

### 5.2 模型建立

#### 5.2.1 砂体标注

将各井单层砂体 (分流河道砂体、决口扇砂体、河口坝砂体、席状砂砂体) 的厚度标准在井位分布图上, 并描绘分流河道砂体的电相特征曲线。以砂体骨架横剖面预测模型为基础

格架,把剖面上每一单层预测的各级厚度砂体按其宽度和井间的位置表示在各层平面图上。

### 5.2.2 河道勾绘

按各级砂体勾绘 1~2 m、2~3 m、3~4 m、4~5 m、>5 m 厚度的河道(>5 m 的画 6 m 厚度的河宽)。根据电相特征曲线形态的相似性和厚度控制,将同一河道成因的井点连接起来,先大河道砂体相连,确定大的、主要的河道。然后小河道砂体相连,并顺其流向趋势汇入较大的河道或交于其它河道。有些小河道砂体,其电相曲线形态特点与大河道砂体相似,则可能是大河道的分支河道砂体。

河道连线时,应以露头调查的砂体展布方向为依据,控制在  $45^{\circ}\sim 144^{\circ}$  范围内。在没有注采响应动态资料的情况下,河道连线具有随机性。

钻遇的河道(砂体)用实线表示,井间预测的河道(砂体)用虚线表示。由于大河道的分流、小河道的汇入,大小河道的分合交互,就构成了三角洲平原上网状的河道(砂体)展布特点。

### 5.2.3 河道(砂体)边界线的确定

#### 5.2.3.1 河道边界线的形态

以露头测量的河型为依据,勾绘成低弯曲的弧线型。河道两岸的边界线应平行或近于平行(即曲率应相近或相等)。河道边界线的延伸形态应与河道主体的延伸相协调。

#### 5.2.3.2 河道边界线位置的定量确定

在按各类砂体厚度勾绘大小河道(砂体)时,是用宽厚比来确定其边界线的。如将 4~5 m 的砂体厚度的井点顺延伸方向连成一条河道(砂体)时,用宽厚比公式算出 5 m 厚度砂体的宽度,然后以井点为河道中心画其河道(砂体)的边界线。据露头调查,分流河道砂体横断面的形态主要有三种类型:突变型、渐变型、突变-渐变型。突变型河道中心和河侧砂体厚度变化不大;而渐变型和突变-渐变型河道砂体向两侧或一侧变化较大。据统计厚度大的河道中心部位的宽度可占河道宽度的  $1/2$  到  $2/3$ ,以钻遇厚度大的不同部位为河道中心勾绘的两岸边界线,会造成左右移动,但边界线的最大偏移绝不会超过半个河道的宽度。这对于油砂山油田确定小河道(砂体厚 $<8$  m)砂体的边界线是适用的,比在大井距情况下采用井距之半确定砂体边界线误差要小得多。

### 5.2.4 河道中心砂体与河侧砂体的识别

钻遇河道中心还是河侧,在有岩芯资料或地震横向资料的情况下,是容易识别的,但在缺少岩芯和地震信息的油砂山油田则很困难,唯一途径只能通过电相特征曲线判断。

不同河型(砾质或砂质)的河道中心与河侧处,砂体电相特征曲线的形态是有区别的。砾质河道两岸陡峭为突变型断面形态,河道中心和河侧的砂体厚度、岩性及粒度相近,电相曲线形态相似。而砂质(或砾砂质)河道的中心部位,为明显正韵律的光滑钟形曲线,河侧砂体厚度迅速递减呈锯齿状尖灭,与泥质薄层互层或夹泥质层,曲线形态表现为齿化的钟形。对于河侧无泥质夹层的砂体,曲线形态为光滑的小钟形,与河道中心部位的曲线形态相似。因此,可依据电相特征曲线的差异来确定井点的砂体是河道的中心部位,还是河侧部位。

为了识别河侧砂体,可在已绘制的砂体骨架平面图上,对河道边界线附近的井点砂体一一检查,如果是河侧砂体,就应该修正河道边界线,使该井点落入主河道;若不是河侧砂体,就应属另一条河道砂体。有些河道砂体较小,电相特征曲线形态又与大河道相似,但井点却偏离大河道较远,则不能作为大河道的河侧砂体处理,可作为大河道的分支河道。因为分支

河道与大河道砂体性质相同,所以电相特征曲线具有相似性。

在预测河道的入湖处,勾绘出预测的河口坝砂体和预测的可能席状砂体分布范围。

经过上述步骤,就完成了砂体骨架平面预测模型的建模。笔者对全油田研究层段的14个单层分别建立了平面预测模型。图7是其中一个单层的砂体骨架平面预测模型。

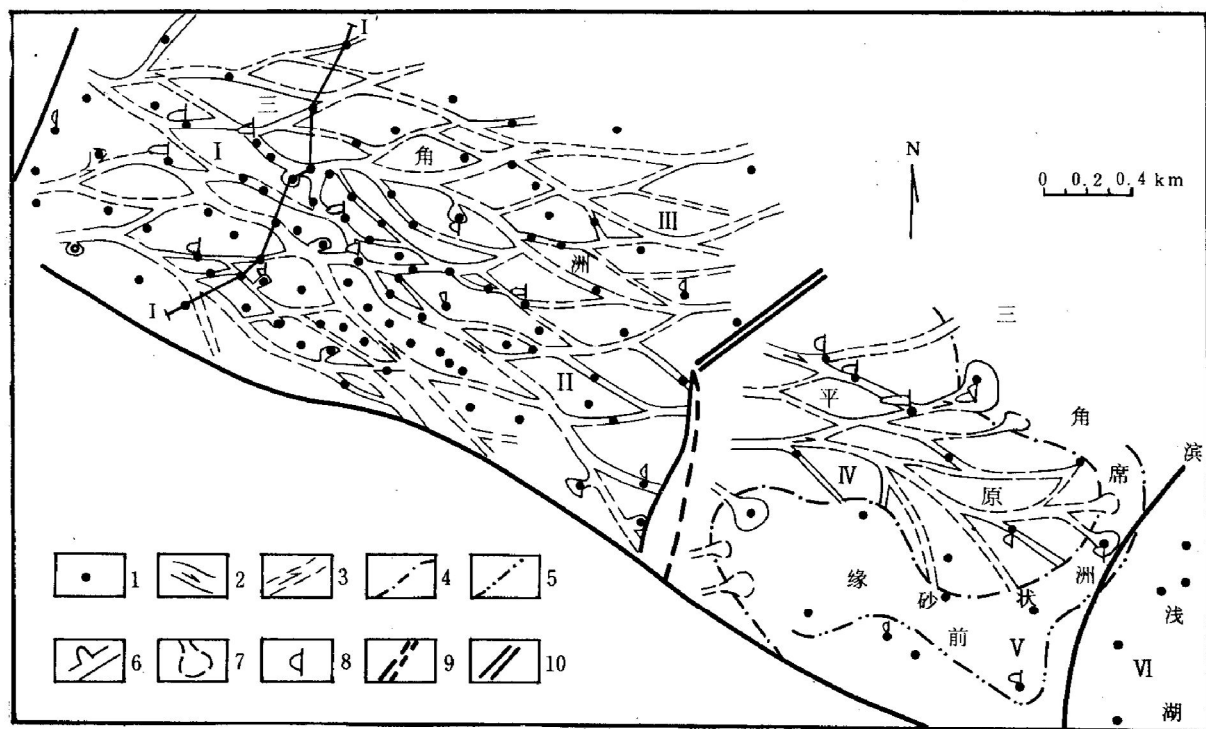


图7  $K_2-K_{1-3}$ 砂组第1层砂体骨架平面预测模型

1—井位, 2—河道砂体, 3—预测河道砂体, 4—湖岸线, 5—三角洲前缘界线, 6—决口扇砂体, 7—河口坝砂体, 8—自然电位曲线, 9—逆断层, 10—正断层

### 5.3 模型的意义

从研究层段14个单层砂体骨架平面预测模型的统计结果看(表3), 分流河道砂体总数900个, 其中已钻遇的分流河道砂体数占47.2%, 预测的分流河道砂体数有472个, 占总数的52.4%。意味着油砂山油田I至V断块还有52.4%的分流河道砂体遗漏, 其中1~2 m砂体有232个, 2~3 m砂体有164个, 3~4 m砂体有61个, 4~5 m砂体有9个, >5 m的较大河道砂体有6个。此外, 在IV和V断块还可找到一些河口坝砂体及席状砂砂体。所以, 油砂山油田的储层砂体仍有很大潜力。

## 6 砂体渗透率分布模型的建立

分流河道砂体渗透率分布模型, 是在横剖面砂体骨架预测模型的基础上建立的。文中选用了I断块的I-I'横剖面来建立渗透率模型, 为预测井间孤立砂体渗透率非均质性提供依据。

表 3 K<sub>2</sub>—K<sub>13</sub> 各組砂礫河床分區及河床分區砂礫數統計表

| 层号 | 各级(厚度)分河道砂体数 900 个 |     |      |     |      |     |      |     |     |     |     |     | 预测分河道砂体数 472 个(52.4%) |     |      |     |      |     |      |     |     |     |       |       |
|----|--------------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-------|-------|
|    | 1~2m               |     | 2~3m |     | 3~4m |     | 4~5m |     | >5m |     | 总数  |     | 1~2m                  |     | 2~3m |     | 3~4m |     | 4~5m |     | >5m |     | 总数    |       |
|    | I-■                | N-V | I-■  | N-V | I-■  | N-V | I-■  | N-V | I-■ | N-V | I-■ | N-V | I-■                   | N-V | I-■  | N-V | I-■  | N-V | I-■  | N-V | I-■ | N-V | I-■   | N-V   |
|    |                    |     |      |     |      |     |      |     |     |     |     |     |                       |     |      |     |      |     |      |     |     |     |       |       |
| 1  | 22                 | 4   | 16   | 9   | 11   | 2   | 3    | 2   | 1   | 1   | 53  | 18  | 11                    | 2   | 7    | 7   | 6    | 1   | 1    | 1   | 1   | 0   | 26    | 11    |
| 2  | 26                 | 7   | 13   | 7   | 5    | 6   | 3    | 1   | 1   | 1   | 48  | 22  | 12                    | 4   | 7    | 4   | 1    | 3   | 0    | 0   | 1   | 1   | 21    | 12    |
| 3  | 25                 | 10  | 10   | 7   | 7    | 1   | 2    | 1   | 0   | 0   | 44  | 19  | 12                    | 8   | 9    | 5   | 1    | 1   | 1    | 0   | 0   | 23  | 14    |       |
| 4  | 24                 | 6   | 21   | 7   | 6    | 4   | 0    | 1   | 1   | 1   | 52  | 19  | 15                    | 5   | 8    | 2   | 0    | 1   | 0    | 0   | 1   | 23  | 9     |       |
| 5  | 21                 | 6   | 15   | 5   | 4    | 5   | 0    | 1   | 1   | 1   | 41  | 18  | 5                     | 3   | 11   | 2   | 2    | 5   | 0    | 0   | 0   | 18  | 10    |       |
| 6  | 20                 | 7   | 17   | 8   | 9    | 3   | 3    | 1   | 1   | 1   | 50  | 20  | 13                    | 6   | 6    | 6   | 5    | 3   | 1    | 1   | 1   | 25  | 17    |       |
| 7  | 20                 | 10  | 15   | 4   | 5    | 1   | 1    | 2   | 0   | 0   | 41  | 17  | 13                    | 8   | 6    | 3   | 3    | 1   | 0    | 0   | 0   | 22  | 12    |       |
| 8  | 16                 | 7   | 11   | 4   | 5    | 2   | 0    | 0   | 0   | 0   | 32  | 13  | 7                     | 6   | 8    | 3   | 1    | 1   | 0    | 0   | 0   | 16  | 10    |       |
| 9  | 23                 | 11  | 13   | 5   | 7    | 4   | 2    | 1   | 2   | 1   | 47  | 22  | 10                    | 8   | 6    | 3   | 1    | 3   | 1    | 1   | 1   | 18  | 16    |       |
| 10 | 19                 | 15  | 16   | 4   | 7    | 3   | 0    | 0   | 0   | 0   | 42  | 22  | 9                     | 7   | 8    | 4   | 2    | 2   | 0    | 0   | 0   | 19  | 13    |       |
| 11 | 22                 | 11  | 17   | 7   | 6    | 3   | 1    | 0   | 0   | 0   | 46  | 21  | 13                    | 7   | 11   | 4   | 1    | 2   | 0    | 0   | 0   | 25  | 13    |       |
| 12 | 24                 | 5   | 10   | 8   | 5    | 3   | 1    | 0   | 1   | 0   | 41  | 16  | 9                     | 4   | 6    | 4   | 5    | 2   | 0    | 0   | 0   | 20  | 10    |       |
| 13 | 19                 | 11  | 13   | 8   | 9    | 3   | 1    | 2   | 3   | 1   | 45  | 25  | 12                    | 10  | 7    | 5   | 2    | 3   | 0    | 1   | 0   | 21  | 19    |       |
| 14 | 27                 | 9   | 16   | 5   | 4    | 3   | 1    | 1   | 0   | 0   | 48  | 18  | 8                     | 5   | 8    | 4   | 1    | 2   | 0    | 1   | 0   | 17  | 12    |       |
| 总数 | 308                | 119 | 203  | 88  | 90   | 43  | 18   | 13  | 11  | 7   | 630 | 270 | 149                   | 83  | 108  | 56  | 31   | 30  | 4    | 5   | 2   | 4   | 294   | 178   |
|    |                    |     |      |     |      |     |      |     |     |     |     |     |                       |     |      |     |      |     |      |     |     |     | 32.7% | 19.8% |

建立渗透率分布模型就是给横剖面砂体骨架模型赋予渗透率值：(1) 给横剖面上各井点钻遇的砂体赋予岩芯分析的渗透率值或测井资料计算的渗透率值。(2) 给横剖面上井间预测的分流河道砂体赋予渗透率值。

由于迷宫式储层结构的复杂性，要预测井间孤立砂体内部的渗透率，目前计算机技术还实现不了，而地质统计学中较为先进的克里金方法及分形理论主要用于井间同一砂体内部的渗透率预测。所以赋予井间孤立砂体的渗透率值主要靠地质统计的规律和专家经验：(1) 依据河道的性质（砾质、砂质）赋予井间同性质河道砂体渗透率值。(2) 依据河道（砂体）大小不同，给井间相同类型的河道砂体赋予渗透率值。

将砂体渗透率细分为五级： $<100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $100 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $500 \times 10^{-3} \sim 1000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $1000 \times 10^{-3} \sim 2000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $>2000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。用图案表示横剖面上各个分流河道砂体的渗透率值大小及其分布（图8）。

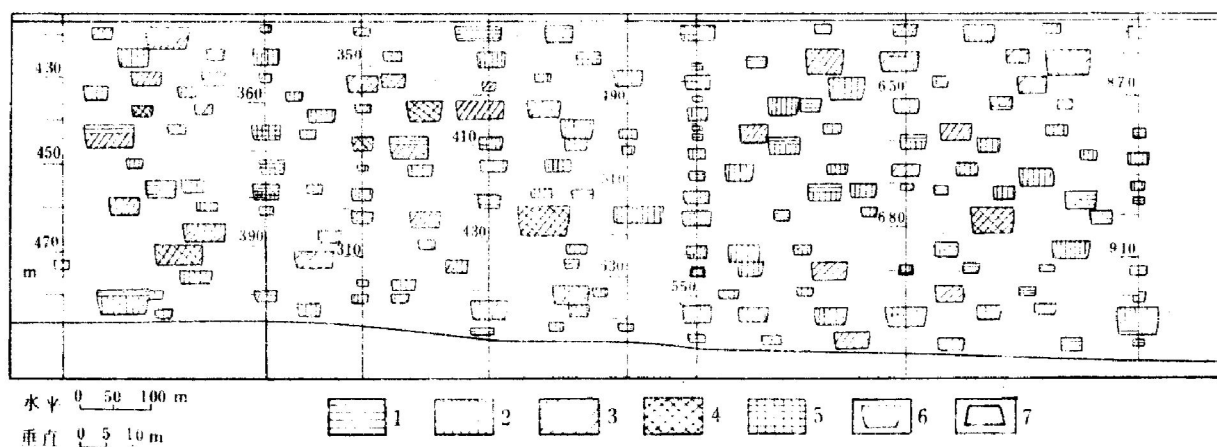


图8 I-I'横剖面分流河道砂体渗透率模型 ( $K_2-K_{1-3}$ 砂组)

1— $<100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 2— $100 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 3— $500 \times 10^{-3} \sim 1000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 4— $1000 \times 10^{-3} \sim 2000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 5— $>2000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 6—河道砂体, 7—决口扇砂体

## 7 结论

(1) 建立的迷宫式分流河道砂体储层地质模型，是对油砂山油田地质特征的重新认识。分流河道砂体规模小、厚度薄、连通性差，多呈孤立透镜状，平面上呈鞋带状延伸，在三角洲平原上具网状展布的特点。

(2) 砂体密度是确定储层连通性的定量依据，砂体面积比是建模中内插（预测）砂体面积和数量的定量依据。

(3) 砂体宽厚比是确定河道砂体大小及砂体边界线的重要参数。

(4) 露头区砂体骨架原型模型，是为地下建模提供信息和可靠依据的最佳途径。

(5) 应根据分流河道砂体小、连通性差的特点，采取更为合理的开发方案，以钻遇更多的砂体和提高采收率。

## 参 考 文 献

- 1 袁烽楠. 储层地质模型. 石油学报, 1991, 12 (4): 55~62
- 2 Weber, K J, Van Geuns L C. Framework for constructing elastic reservoir simulation models. JPT, 1989, 42: 1248~1297
- 3 刘怀波等. 柴达木盆地西缘油砂山剖面上新统底部储层沉积相初步研究. 见: 中国石油天然气总公司科技发展部. 中国油气储层研究论文集. 北京: 石油工业出版社, 1993. 77~87

## ESTABLISHMENT OF GEOLOGICAL MODEL FOR LABYRINTH DIFFLUENCE CHANNEL SAND BODIES IN YOUSHASHAN OILFIELD, QINGHAI

Lin kexiang Zhang Changmin liu Huaibo Lei Bianjun

(Jiangnan Petroleum Institute, Jingsha, Hubei)

Qu Pingyan Ma Wenxiong

Lei Bingzu Tang Ruiying

(Qinghai Petroleum Research Institute)

### Abstract

The difffluence channel sand bodies of  $K_2$ - $K_{1-3}$  key horizon placed on the bottom of Pliocene lower Youshashan Formation in Youshashan Oilfield, Qinghai have developed into a deltaic labyrinth reservoir frame. The frame prototype of outcropped sand bodies may be considered as the evidence in establishing underground prediction model. This means that data obtained from outcrops of the sand bodies including reservoir structure, the density and geometry (the ratio of width to thickness) of the sand bodies, regional paleocurrent direction, the ratio of total areas of prototype frame models of outcrops, the ratio of the area for sand bodies with different thickness were used to establish the predictive transverse model, predictive plane model and permeability model of the sand body frames. According to the prediction results, half of the reservoiring sand bodies have ever been drilled yet.