

# 微构造理论在垦西油田开发中的应用

朱红涛 胡小强

(中国地质大学资源学院石油系 武汉 430074)

**摘 要** 油层微型构造(微构造)是指在总的油田构造背景上,油层本身的微细起伏变化所显示的构造特征。微构造可分为正向微构造和负向微构造。正向微构造一般为剩余油富集区;负向微构造为低含油气或易被水淹区。垦西油田生产实践证明,正微区的生产井效果好,负微区生产井效果差。在确定加密井网井位时,应考虑微构造因素,尽可能的把加密井钻在正向微构造区。

**关键词** 垦西油田 微构造 正微区 负微区 油气运移

垦西油气田位于山东省利津县东北的罗镇乡。在地质构造上位于济阳坳陷沾化凹陷中南部、孤岛凸起西南部的倾伏端,北以孤北断层与渤南洼陷为界,南过垦西断层为三合村洼陷,东以低鞍过滤为孤岛凸起。该区包括三合村洼陷大部 and 渤南洼陷南缘斜坡部分地区(图1)。主要包括两个断块区,垦71和垦24断块区。

## 1 垦西地区微构造形态及类型

微型构造可以分为正向微型构造、负向微型构造和斜面微型构造。正向微型构造有小亮点、鼻状构造、小断鼻(图2示),负向微型构造有小低点、小沟槽、小断沟(图3示)等。

为了使编绘的微构造图更准确地反映地下的实际情况,对每口井进行了海拔高度、补芯高度及井斜的校正;在密井网条件下,以2 m等高线间距进行勾图,对71断块的 $Ed_2$ 、 $Ng_1$ 、 $Ng_4$ 、 $Ng_5$ 、 $Ng_7$ 和24断块的 $E_{s1}$ 、 $E_{s3}$ 共6个小层作出了顶面微构造等值线图,精细地刻划出小层沉积砂体顶面的形态。

从6个小层顶面微构造等值线图中可看出,在区域构造背景控制下,又发育了多个正向和负向微型构造。通过对6个主力砂层顶面微构造图的详细分析,在垦西断层和垦西一号断层的控制下,砂体形成两个断块,即垦24断块和垦71断块。

垦71断块是东营组、馆陶组形成的逆牵引背斜构造,砂体顶面埋深总趋势为中间高、四周低,中间高部位普遍发育微型构造,其中,小高点尤为发育。垦24断块处于垦西突起上,是一顶部平缓的断鼻构造,油井深度达到沙河街组,砂体顶面埋深总趋势为南西高北东低,由

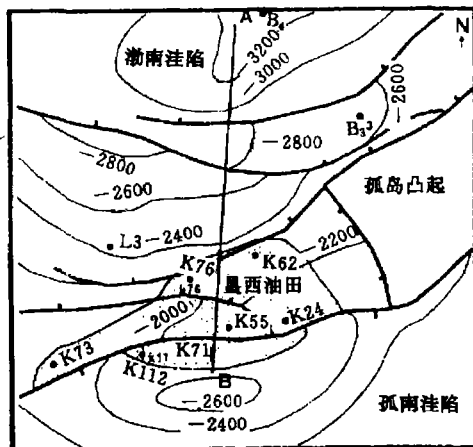
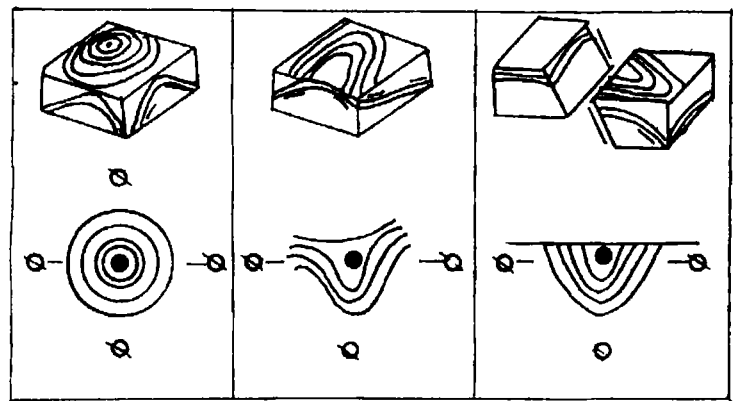
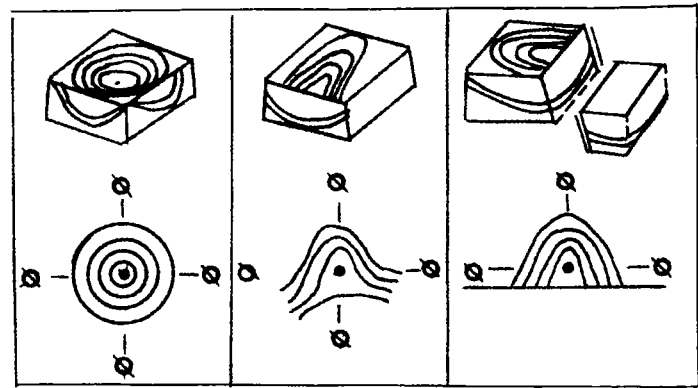


图1 垦西油田位置图



A 小高点      B 鼻状构造      C 小断鼻

图2 正向微构造及水驱油方向示意



A 小低点      B 小沟槽      C 小断沟

图3 负向微构造及水驱油方向示意

于垦西断层和垦西一号断层及调节断层的影响,小断鼻较发育。研究区中共划分微型构造 103 个,其中小高点 35 个,小鼻状 20 个,小断鼻 7 个,小低点 16 个,小沟槽 19 个,小断沟 6 个(表 1)。

2 微构造与油气聚集的关系

在宏观构造背景下,已成藏的油气在微型构造的控制下进行了再分布。微构造与油气聚集的关系可从两方面进行分析。

(1) 微构造对油气聚集的控制

在宏观构造背景下,正向微构造有利于油气的聚集,负向微构造不利于油气的聚集。

表 1 垦西油田微构造统计表

| 微构造类型 | 71 断块           |                 |    |                 | 24 断块           |                 | 总计  |
|-------|-----------------|-----------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----|
|       | Ng <sub>4</sub> | Ng <sub>5</sub> | Ng | Ed <sub>2</sub> | Es <sub>1</sub> | Es <sub>3</sub> |     |
| 小高点   | 12              | 7               | 6  | 8               |                 | 2               | 35  |
| 小鼻状   | 7               | 5               | 2  | 5               | 1               |                 | 20  |
| 小断鼻   |                 |                 |    | 1               | 3               | 3               | 7   |
| 小低点   | 8               | 1               |    | 5               | 1               | 1               | 16  |
| 小沟槽   | 6               | 4               | 4  | 4               |                 | 1               | 19  |
| 小断沟   | 1               | 1               | 3  |                 |                 | 1               | 6   |
| 总计    | 34              | 18              | 15 | 23              | 5               | 8               | 103 |

垦西地区微构造统计表中(表2),垦71断块 $Ng_4$ 正向微构造数量为19个,负向微构造数量为15个,其中小高点12个,小低点8个,数量差别不大。垦71断块 $Ng_5$ 正向微构造数量为12个,负向微构造数量为7个,其中小高点8个,小低点1个,数量差别大。但在区块原油地质储量表中,垦71断块 $Ng_4$ 含油面积为 $3.7\text{ km}^2$ ,原油地质储量471万t,垦71断块 $Ng_5$ 含油面积为 $3.1\text{ km}^2$ ,原油地质储量519万t。

表2 原油地质储量表

| 区块           | 层位名称  | 油藏类型 | 含油面积( $\text{km}^2$ ) | 原油地质储量(万t) |
|--------------|-------|------|-----------------------|------------|
| 垦24断块 $S_1$  | 沙1—沙4 | 断块油藏 | 3.40                  | 472.00     |
| 垦71断块 $Ng_4$ | 馆陶组   | 断块油藏 | 3.70                  | 471.00     |
| 垦71断块 $Ng_5$ | 馆陶组   | 断块油藏 | 3.10                  | 519.00     |
| 垦71断块 $Ed$   | 东营组   | 断块油藏 | 2.80                  | 299.00     |

从以上的对比数据可以看出,均处于滚动背斜构造,由于微构造的影响,垦71断块 $Ng_4$ 比 $Ng_5$ 含油面积大 $0.6\text{ km}^2$ ,原油地质储量相反比 $Ng_5$ 小38万t。说明正向微构造有利于油气的聚集,负向微构造不利于油气的聚集。

## (2) 微构造与单井原始含油饱和度的关系

在宏观构造背景下,正向微构造为油气低势区,富集油气,正微井油气饱和度高;负向微结构为油气高势区,富含水,负微井油气饱和度低。

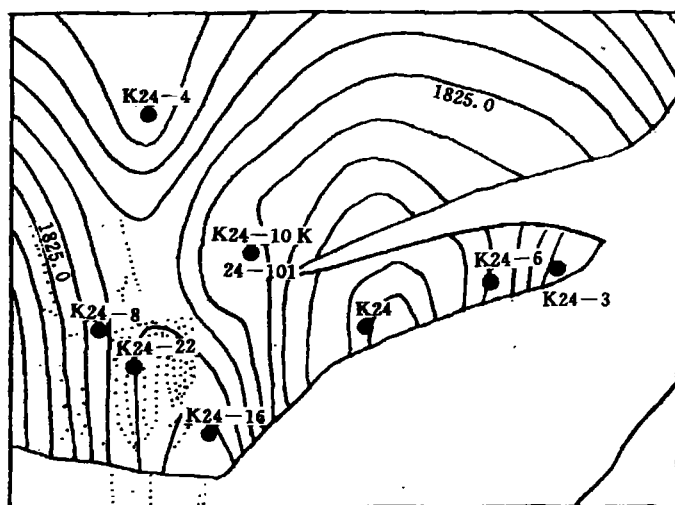


图4 垦24断块沙一段底面微构造图

从表2可看出,正微区的正微井含油饱和度处于 $0.4\sim 0.6$ 之间,负微区的负微井含油饱和度处于 $0.2\sim 0.3$ ,前者普遍高于后者。K71-25井与K71-59井处于同一个小高点构造中(图4),K71-25处于顶部,K71-59处于侧翼,从表中可以看出,它们的含油饱和度相差0.13。在表3中,K71-88井处于小高点的顶部,含油饱和度为0.4855,K71-114井小高点的底部,含油饱和度0.4244。

这可以表明,不但正微区与负微区含油饱和度有区别,而且正微区或负微区内的不同微构造类型、微构造的不同部位的含油饱和度也有差别。从表中可以看出,正微区中的小高点

含油饱和度最好,小高点的顶部含油饱和度最好;负微区中的小低点含油饱和度最差,小低点的底部含油饱和度最差。此外,K71-88井处于构造低部位的小高点顶部,但其含油饱和度也比较高。K71-108井处于构造高部位的小低点侧部,其含油饱和度比较低。

从以上两方面分析可以看出,微构造对油气聚集起着重要的控制作用。一般来说,正微区有利于油气聚集,正微井含油饱和度高,负微区、负微井情况相反。但是,在低部位如果发育正向微构造,含油饱和度也可能高,在高部位发育负向微构造,其含油饱和度并不一定高。总之,在宏观构造背景下,微构造研究才发挥重要的控制作用。

### 3 微构造对油井生产的控制

驱油方向对油井生产有很大的影响。向上驱油对油井生产有利,向下驱油对低幅度正微井,特别是对斜微井不利,常形成低产井。

不同的微构造类型,驱油方向不同(图2、3)。在油气藏中,微构造会在局部影响驱油方向的变化,使油气进行局部运移,从而使生产井效果发生变化。

在图4中,K24井处于小断鼻的侧翼,K24-3井处于小断鼻的底部。现对这两口井进行分析,说明微构造对油生产的控制。由图3可知,小鼻构造因开启的一方受断层的切割无下驱,其余三个方向上均为向上驱油。K24井与K24-3井的生产情况如表3、图5。

表3 微构区单井含油饱和度统计表

| 井号      | 层位    | 微构造类型及部位 | 含油饱和度  |
|---------|-------|----------|--------|
| K71-89  | Ng4-1 | 小高点侧部    | 0.4192 |
| K71-9   | Ng4-1 | 小高点侧部    | 0.557  |
| K71-88  | Ng4-1 | 小高点顶部    | 0.4855 |
| K71-114 | Ng4-1 | 小高点底部    | 0.4252 |
| K71-103 | Ng4-1 | 小高点侧部    | 0.4883 |
| K71-25  | Ng5-1 | 小高点顶部    | 0.6    |
| K71-59  | Ng5-1 | 小高点侧部    | 0.47   |
| K71-108 | Ng4-1 | 小低点侧部    | 0.3245 |
| K71-87  | Ng4-1 | 小低点侧部    | 0.3871 |
| K71-11  | Ed2-1 | 小低点侧部    | 0.3229 |
| K71-114 | Ed2-1 | 小低点侧部    | 0.2625 |
| K24-4   | Es3-1 | 小低点顶部    | 0.24   |
| K71-44  | Ng5-1 | 小鼻状顶部    | 0.41   |
| K24-101 | Es1-1 | 小断鼻侧部    | 0.32   |

表4 K24井产液量数据表

| 层位             | 年月   | 年产油<br>( $\times 10^4$ t) | 年产水<br>( $\times 10^4$ t) | 年产气<br>( $\times 10^4$ m <sup>3</sup> ) |
|----------------|------|---------------------------|---------------------------|---|
| S <sub>1</sub> | 1973 | 1.606                     | 0.1964                    | 77.2                                    |
| S <sub>1</sub> | 1974 | 2.866                     | 0.5393                    | 180.13                                  |
| S <sub>1</sub> | 1975 | 3.072                     | 1.2267                    | 153.7                                   |
| S <sub>1</sub> | 1976 | 2.3094                    | 1.2211                    | 177.61                                  |
| S <sub>1</sub> | 1977 | 1.7527                    | 1.9729                    | 430.7                                   |
| S <sub>1</sub> | 1978 | 1.0379                    | 0.8645                    | 201.61                                  |
| S <sub>1</sub> | 1979 | 0.9587                    | 0.5031                    | 167.69                                  |
| S <sub>1</sub> | 1980 | 0.3955                    | 0.6632                    | 75.44                                   |

表5 K24-3井产液量数据表

| 层位             | 月份      | 月产油<br>(t) | 月产水<br>(t) | 月产气( $\times 10^4$ m <sup>3</sup> ) |
|----------------|---------|------------|------------|-------------------------------------|
| S <sub>1</sub> | 1978.7  | 332        | 166        | 1.66                                |
| S <sub>1</sub> | 1978.8  | 43         | 54         | 0.51                                |
| S <sub>1</sub> | 1978.9  | 562        | 485        | 13.26                               |
| S <sub>1</sub> | 1978.10 | 448        | 352        | 6.78                                |
| S <sub>1</sub> | 1978.11 | 448        | 352        | 6.78                                |
| S <sub>1</sub> | 1978.12 | 539        | 600        | 4.95                                |
| S <sub>1</sub> | 1979.1  | 343        | 479        | 3.91                                |
| S <sub>1</sub> | 1979.2  | 22         | 31         | 0.13                                |
| S <sub>1</sub> | 1979.3  | 128        | 86         | 3.02                                |
| S <sub>1</sub> | 1979.4  | 53         | 76         | 0.84                                |

K24井从1973年开始投入生产,到1981年4月份停产,累计产油8年,共生产油 $14.0377 \times 10^4$ t,产气 $1417.22 \times 10^4$ m<sup>3</sup>。从图5的产液曲线变化可以看出,产油、产气、产水

曲线趋势一致,但产油量远远大于产水量,到了1980年产水量超过产油量和产气量。K24处于小断鼻的侧翼,因而启的一方受断的切割无下驱,其余三个方向上均为向上驱油,断层的封闭使油气聚集于断鼻顶部,使得K24具有可观的油气产量。

构造图上,K24-3井处于小断鼻的底部,虽然它与K24相距相近,但生产情况却相差很大。K24-3井从1978年3月投产,到1979年4月停产,共生产10个月,产油量和产气量已经很小,已没有开采价值。K24-3井共生产油 $0.2918 \times 10^4$  t,产气 $41.84 \times 10^4$  m<sup>3</sup>。与K24井的产量相差巨大,可见,微构造在油井生产中发挥重要的作用。

根据微构造的类型及驱油方向,可以得出正向微构造有利于油井的生产,负向微构造不利于油井的生产。此外,在正向微构造中,可以认为小高点最有利于油井的生产,小断鼻次之,鼻状构造最差;在负微构造中,小低点最不利于油井生产。

#### 4 微构造与剩余油、水淹层的关系

在前面,从微构造在油气聚集和对油井生产的控制得到的结论可知,随着油田的开发,含水率的升高,在压力驱动下,油气会继续向正微区运移,使得正微区形成剩余油富集区,负微区形成高含水率区。因此,中、高含水期油田剩余油主要富集于正微区,负微区易形成高含水率区而水淹停产。

根据油田水淹层资料,对垦西地区六个小层的负微区的负微井进行了重点统计(表6),发现负微井绝大多数为水层或水淹层,级别最高的是油水同层。此外,还发现处于低部位的正微井也多为水层或水淹层,如K71-114井处于低部位的小高点的侧翼,在Ng4'、Ng5'小层中均为水淹层。

#### 5 结论及建议

(1) 研究区微构造较发育,共划分出微构造103个,其中小高点35个,小鼻状20个,小断鼻7个,小低点16个,小沟槽19个,小断沟6个。

(2) 位于正微区的生产井含油饱和度,油井生产效果好,负微区生产井含油饱和度较低,油井生产效果较差。此外,不但正微区与负微区含油饱和度有区别,而且正微区或负微区

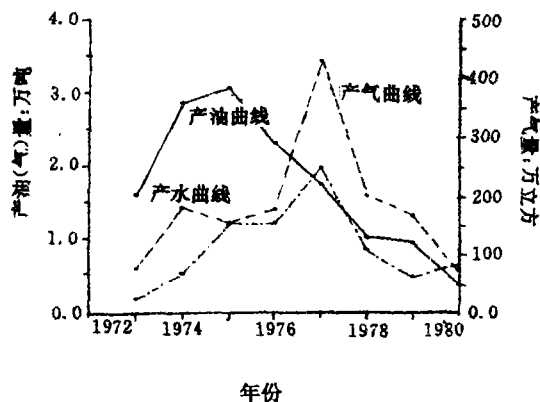


图5 K24井产液曲线图

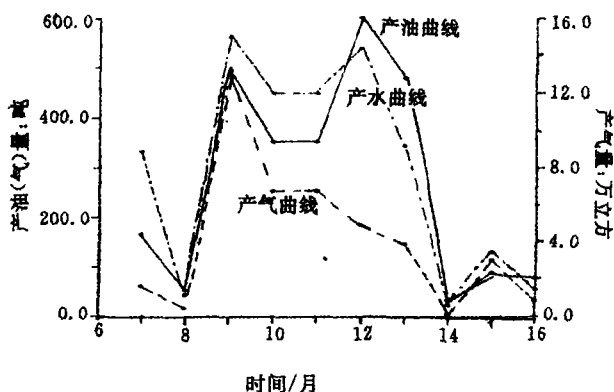


图6 K24-3井产液曲线图

表 6 垦西地区小层水淹统计表

| 井号      | 测试日期         | 层位               | 微构造类型及部位 | 含油饱和度 |
|---------|--------------|------------------|----------|-------|
| K71-4   | 1980. 3. 28  | Ed2 <sup>1</sup> | 小沟槽底部    | 水层    |
| K71-50  | 1984. 3. 7   | Ed2 <sup>1</sup> | 小断沟底部    | 油水同层  |
| K71-77  | 1985. 4. 5   | Ed2 <sup>1</sup> | 小断沟侧翼    | 水层    |
| K71-2   | 1980. 2. 22  | Ed2 <sup>1</sup> | 小断沟底部    | 水层    |
| K71-101 | 1989. 9. 26  | Ed2 <sup>1</sup> | 小高点底部    | 油水同层  |
| K71-10  | 1991. 1. 9   | Ng               | 小断沟侧翼    | 水层    |
| K71-77  | 1985. 4. 5   | Ng               | 小断沟侧翼    | 油水同层  |
| K71-100 | 1989. 11. 2  | Ng               | 小高点侧翼    | 水淹层   |
| K71-2   | 1980. 2. 22  | Ng               | 小断沟侧翼    | 水层    |
| K71-11  | 1984. 1. 25  | Ng               | 小高点侧翼    | 水层    |
| K71-114 | 1991. 4. 11  | Ng4 <sup>1</sup> | 小高点侧翼    | 水淹层   |
| K71-50  | 1984. 7. 3   | Ng4 <sup>1</sup> | 小断沟底部    | 水层    |
| K71-56  | 1984. 7. 14  | Ng5 <sup>1</sup> | 小断沟底部    | 水层    |
| K71-114 | 1991. 4. 11  | Ng5 <sup>1</sup> | 小高点侧翼    | 水淹层   |
| K71-14  | 1980. 9. 29  | Ng5 <sup>1</sup> | 小高点侧翼    | 油层    |
| K24-4   | 1978. 10. 16 | S <sub>1</sub>   | 小沟槽底部    | 干层    |
| K24-22  | 1994. 1. 9   | S <sub>1</sub>   | 小断沟侧翼    | 干层    |
| K24-4   | 1978. 10. 16 | S3 <sup>1</sup>  | 小沟槽底部    | 水层    |
| K24-8   | 1983. 9. 3   | S3 <sup>1</sup>  | 小沟槽侧翼    | 油层    |

内的不同微构造类型和微构造的不同部位,含油饱和度也有差别。

(3) 构造低部位发育正向微构造,也有利于油气的聚集,相反,高部位发育负向微构造,不利于油气的聚集。中、高含水期油田剩余油主要富集于正微区,小高点最有利;负微区易形成高含水区而水淹停产。

(4) 油田开发中后期,井网较密,油层对比精度高,重点放在剩余油开发上,应绘制油层微型构造图,从而确定加密井井位。加密井尽可能的钻在正向微构造区,除少数构造极平缓、井网又很密的油田外,不宜在负微区布生产井,此区只宜布注水井。

### 主 要 参 考 文 献

- 1 田世澄,陈建渝,等. 垦西地区油气藏形成条件及勘探目标研究. 孤岛采油厂地质研究所,中国地质大学(北京)能源系,1998年10月.
- 2 李兴国. 油层微型构造对油井生产的控制作用. 石油勘探与开发,1987,14(2):53~69.
- 3 李兴国. 油层微型构造研究. 石油知识,1989.
- 4 李兴国. 再论油层微型构造对油井生产的控制作用. 石油技术,1989.
- 5 李兴国. 对油层微型构造的补充说明. 石油勘探与开发,1993,20(1):82~90.
- 6 李兴国. 对油层微型构造的点滴认识. 石油勘探与开发,1995,22(1):64~67.