

生产线上

# 电潜泵 + 毛细管泡排复合工艺在纳 59 井的应用

乐 宏, 刘同斌, 张俊杰, 廖 毅

(西南油气田分公司蜀南气矿)

乐 宏等. 电潜泵 + 毛细管泡排复合工艺在纳 59 井的应用. 钻采工艺, 2009, 32(2): 81 - 83

**摘 要:** 纳 59 井为蜀南气矿纳溪采气作业区的电潜泵排水采气工艺井, 天然气剩余地质储量为  $1.48 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。2006 年 8 月对该井电潜泵进行检泵作业, 由于地层压力降低, 并筒带液能力下降, 气井一直未能复产。为此, 针对纳 59 井的生产情况, 结合现场应用的经验, 开展了电潜泵 + 毛细管泡沫排水采气复合工艺试验, 使该井顺利复产, 取得了显著的效果。该复合工艺对有水气藏后期开发进一步提高采收率有重要意义。

**关键词:** 排水采气; 复合工艺; 电潜泵 + 毛细管; 纳 59 井

**中图分类号:** TE 377 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006 - 768X(2009)02 - 0081 - 03

## 一、纳 59 井开采简况

该井产层中部井深 3 068 m, 原始地层压力 34.481 MPa, 于 1983 年 6 月 3 日投产, 投产即产地层水, 1984 年水淹关井。1985 年 7 月 19 日利用纳 57 井高压气源实施气举工艺, 使该井恢复自喷连续生产。因地层压力下降, 于 1988 年再次水淹停产。1989 年 2 月对该井进行气举修井作业后, 利用车载压缩机连续气举未能复活。1997 年 7 月 4 日改下电潜泵排水采气工艺, 经连续抽汲 46 d, 总排水量达 4 000  $\text{m}^3$  后气井复产, 初期日产气达  $(8 \sim 9) \times 10^4 \text{ m}^3$ , 累计增产天然气  $1 090 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。2003 年依靠电潜泵工艺排水 2 500  $\text{m}^3$  后, 该井再度复活产气  $1 270 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。水淹停产后启动电潜泵, 发现机组出现故障, 于 2005 年 9 月修井作业。实测纳 59 井地层压力为 7.465 MPa。

2006 年利用电潜泵工艺排水 2 700  $\text{m}^3$  后, 气井出现欠载现象, 表明并筒周围积液已基本排出, 被水封隔的天然气已运移到井底。但因地层压力进一步降低, 套管生产滑脱损失大, 气井已不具备自喷带水生产能力。这从该井 40 余次欠载, 气井不能自喷带水生产得到证实。随后又向套管环空加注起泡剂, 仍不能使该井复活。由于纳 59 井下有电潜泵机组, 油管通道不畅通, 而单从套管环空加注起泡剂又不能有效的降低液体表面张力, 带液的效果较差。因此, 要使该井恢复生产决定试验电潜泵 + 毛细管泡排复合排水采气工艺。

## 二、电潜泵 + 毛细管排水采气复合工艺技术

### 1. 工艺原理

电潜泵 + 毛细管泡沫排水采气复合工艺技术是利用电潜泵抽汲井底积液, 在电潜泵欠载停机前半小时左右, 通过毛细管和油套环空分别注入起泡剂, 停机后关井复压 10 min

后放喷生产, 环空停止注入, 毛细管连续注入。毛细管注入起泡剂原理是利用外径  $\varnothing 9.525 \times 1.24 \text{ mm}$ 、长 2 500 m 的毛细管将起泡剂注入电潜泵以上的单流阀 1~2 根油管处, 井下油管单流阀预留有 1 条宽 10 mm、深 2 mm 的泄流缝, 使通过毛细管加注的起泡剂能顺利通过单流阀流至井底, 借助天然气气流的搅拌作用, 减少液体表面张力和气体滑脱损失, 使井底积液被带到地面, 达到排水采气的目的。该工艺技术可以将起泡剂直接注入到工艺设计的位置, 使起泡剂与井底积液及时反应, 起泡效果更好。

### 2. 工艺流程图(见图 1)

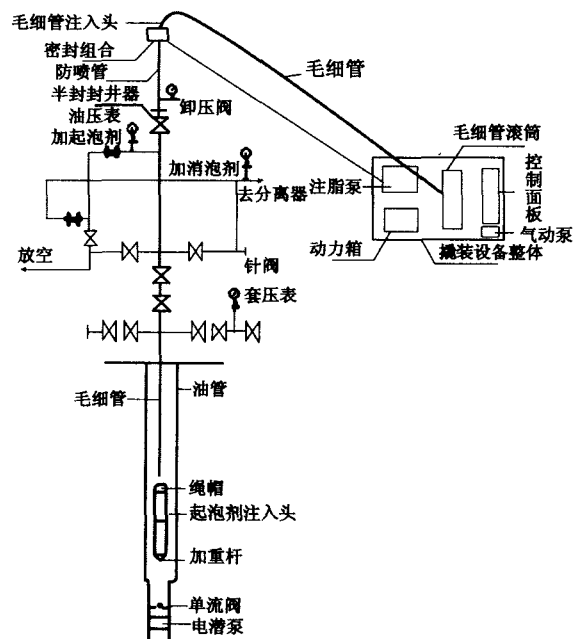


图1 电潜泵+毛细管排水采气复合工艺流程图

收稿日期: 2008 - 10 - 17; 修回日期: 2009 - 03 - 11

作者简介: 乐宏(1965 -), 高级工程师, 1988年毕业于西南石油学院钻井工程专业, 长期从事油气钻井与开发技术工作, 现任西南油气田分公司蜀南气矿矿长。地址: (640001) 四川省泸州市兰田镇蜀南气矿, 电话: 0830 - 3921789, E-mail: le\_hong@petrochina.com.cn

### 三、配套设备及性能

(1)电潜泵。该井采用美国深垂公司生产的375系列电潜泵(130HP/60 Hz),下入井深为2 950 m,将井底积液排出,起到启动气井的目的。

(2)毛细管加注装置。是由包括毛细管、动力与液压控制系统、注剂系统、毛细管井口导向器和注入头、起泡剂井下注入头、加重杆和引导器组合、毛细管滚筒、防喷管和防喷器组合、撬装电缆绞车、操作平台等11种设备组成,工作环境为: $-15^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ ,连续工作时间 $>12\text{ h}$ 。

(3)地面起、消泡剂加注装置。是由2台电动柱塞泵组成。其中,用于起泡剂加注的柱塞泵最大泵注压力25.0 MPa,最大排量50 L/h;用于消泡剂加注的柱塞泵最大泵注压力6.4 MPa,最大排量25 L/h。

### 四、现场试验及效果分析

#### 1. 现场试验工艺过程

2006年11月19日,蜀南气矿开始对纳59井进行了电潜泵+毛细管泡沫排水采气复合工艺试验。毛细管加注装置安装调试后通过油管将直径为9 mm毛细管下至井底2 556 m准备连续加注泡沫剂。当天11:30启动电潜泵排水,12:10从毛细管向油管内连续加注起泡剂溶液。12:40~13:00利用电动柱塞泵向油套管环空加注起泡剂75 kg,12:47电潜泵欠载停机,13:50开始从套管放喷。套压 $p_c$ 经过2次波动后,稳定在0.5 MPa左右正常生产;15:20开始利用电动柱塞泵不定时向油管内注入起泡剂。19:15调整生产阀门, $p_c$ 升至1 MPa,油压 $p_t$ 为0 MPa,基本维持井的能量。11月19日柱塞泵加注起泡剂300 kg。

11月20日,8:00左右气井出现了比较明显的压力波动, $p_c$ 降为0 MPa, $p_t$ 升至8 MPa,8:10  $p_c$ 开始缓慢回升,9:00时  $p_c$ 升至1.0 MPa, $p_t$ 为7.0 MPa。9:40启动电潜泵

机组,同时活动井内毛细管,上提到2 490 m后下放至2 560 m处,悬重11 kN。全天 $p_c$ 稳定在1.0 MPa左右, $p_t$ 在0.7~7 MPa之间波动。11月21日, $p_c$ 在0.63~1.1 MPa之间平稳的波动, $p_t$ 为1.0~5.6 MPa波动。纳59井油压压力波动范围较大,经过分析认为,单流阀可能有堵塞,且加入起泡剂的量有可能偏少,尚未达到带液能力的效果。随即更换配液的用水和加过滤装置,同时于11月22日增加起泡剂的加注量至350 kg/d,单流阀堵塞问题得到解决,通过严格调控井口油套压,促使气井稳定生产。

11月23日开始对毛细管进行了置换,同时减少毛细管加注量至43.5 kg/d,保持柱塞泵加注量350 kg/d,24日毛细管加注了25.5 kg后全部被置换出来,柱塞泵仍然维持350 kg/d的加注量,使气井处于稳定生产状态,从25日开始完全由柱塞泵向油管内注入起泡剂,注入量为350 kg。截至11月25日24:00,利用毛细管共向油管注入起泡剂825 kg,电动柱塞泵向油管中注入起泡剂液2 300 kg左右。该阶段累计产水833.20  $\text{m}^3$ ,产气 $32.04 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

毛细管置换出来后,利用井场电动柱塞泵向油管中注入起泡剂,11月26日~11月30日试验降低连续加注量至300 Kg/d,产气量和水量都明显下降。以此为依据,根据每天注剂量与油、套压、产气、产水等参数进行分析,进行加注量的优选,得出适合该井的注入量为350 kg/d,能维持气井的正常生产。纳59井 $p_c$ 稳定在1.08 MPa左右,油压 $p_t$  0 MPa,产气量为 $8.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,产水93  $\text{m}^3$ ,且生产稳定,带水均匀。因纳59井井口压力低同时采用了增压输送的方式保证了气井正常生产。可以认为纳59井已由复产初期转入“三稳定”生产期。

在12月的生产中,因地层能量低,产水量大,气井多次出现水淹迹象,根据气井的生产规律,制定开采制度,当气井井口压力下降到0.50 MPa以下,就采取放空强排,若压缩机出现故障,也采取及时放空带水,从而使得气井正常生产。

#### 2. 纳59井复活后的生产情况(见表1)

表1 纳59井复活后的生产情况

| 日期         | 井口压力(MPa) |      | 产气<br>( $\text{m}^3$ ) | 产水<br>( $\text{m}^3$ ) | 日期         | 井口压力(MPa) |    | 产气<br>( $\text{m}^3$ ) | 产水<br>( $\text{m}^3$ ) |
|------------|-----------|------|------------------------|------------------------|------------|-----------|----|------------------------|------------------------|
|            | 套压        | 油压   |                        |                        |            | 套压        | 油压 |                        |                        |
| 2006.11.20 | 0.86      | 5.18 | 27339                  | 126.72                 | 2006.12.06 | 1.19      | -  | 101540                 | 102.72                 |
| 2006.11.21 | 1.04      | 3.24 | 68270                  | 138.24                 | 2006.12.07 | 1.25      | -  | 105738                 | 101.44                 |
| 2006.11.22 | 0.76      | 1.67 | 52096                  | 143.28                 | 2006.12.08 | 1.25      | -  | 111066                 | 99.2                   |
| 2006.11.23 | 0.92      | 0.99 | 59918                  | 126.72                 | 2006.12.09 | 1.05      | -  | 88700                  | 84.64                  |
| 2006.11.24 | 1.16      | -    | 72627                  | 156.16                 | 2006.12.10 | 1.04      | -  | 80428                  | 86.08                  |
| 2006.11.25 | 1.32      | -    | 108440                 | 142.08                 | 2006.12.11 | 1.17      | -  | 85561                  | 97.92                  |
| 2006.11.26 | 0.86      | -    | 70625                  | 90.24                  | 2006.12.12 | 1.29      | -  | 97305                  | 96                     |
| 2006.11.27 | 0.76      | -    | 60111                  | 78.32                  | 2006.12.13 | 0.91      | -  | 69181                  | 86.96                  |
| 2006.11.28 | 0.78      | -    | 66450                  | 80.24                  | 2006.12.14 | 0.83      | -  | 61590                  | 74.88                  |
| 2006.11.29 | 0.81      | -    | 66602                  | 83.2                   | 2006.12.15 | 1.01      | -  | 57313                  | 76.56                  |
| 2006.11.30 | 0.89      | -    | 67356                  | 87.36                  | 2006.12.16 | 1.04      | -  | 80953                  | 94.08                  |
| 2006.12.01 | 0.95      | -    | 70205                  | 87.04                  | 2006.12.17 | 1.01      | -  | 58839                  | 89.44                  |
| 2006.12.02 | 1         | -    | 78984                  | 85.44                  | 2006.12.18 | 1.04      | -  | 62291                  | 93.44                  |
| 2006.12.03 | 0.97      | -    | 75494                  | 86.64                  | 2006.12.19 | 1.06      | -  | 76604                  | 102.56                 |
| 2006.12.04 | 1         | -    | 79947                  | 92.8                   | 2006.12.20 | 1.14      | -  | 72616                  | 91.68                  |
| 2006.12.05 | 1.2       | -    | 86389                  | 106.56                 | 2006.12.22 | 1.11      | -  | 89121                  | 86.08                  |

### 3. 试验效果分析

(1) 毛细管连续不断的向 2 500 m 的油管处注入 1 : 1 起泡剂(与清水的混合比例),同时利用电动柱塞泵向油管中注入起泡剂,仅 19 日就向油管注入起泡剂 365 kg,很好的补充了油管中的起泡剂量。

(2) 在发现单流阀有堵塞现象的情况下,及时更换了配液用水和加过滤装置,用洁净的水来配置起泡剂溶液,并定时利用电动柱塞泵向油管中注入起泡剂;21 日 12:30 启动电潜泵,力争在泵空转的情况下能对单流阀有所作用。经过不断的努力后观察,发现  $p_t$  降到了 0 MPa,很好的缓解了单流阀的堵塞问题,使油管中的起泡剂液能顺利流到井底。

(3) 从 20 日  $p_c$  从 0 MPa 又回升至 1.0 MPa 以后, $p_c$  均为平稳的波动,气井的带水能力稳定,产水量均在 120 m<sup>3</sup> 以上,很好的排出了井底积液。从排液口观察,泡沫的起泡作用明显,泡沫均匀,泡沫的注入量和气井产水量基本达到一个平衡。

## 五、几点认识

### 1. 起泡剂和消泡剂选择

要将该复合工艺成功应用于泡沫排水采气工艺中,在已知电潜泵排水的具体参数后,关键是选择合适的起泡剂。起泡剂和消泡剂性能的好坏很大程度将影响泡沫排水采气工艺实施的效果。为了能使该井成功复产,特别对起泡剂的起泡性能以及抗盐性、抗油性、耐高温性、与该井所产地层水的配伍性作了详细的评价分析。消泡剂与起泡剂对应使用,主要是消除泡沫,防止气液分离时有液体带入输气管线内。

纳 59 井地层水为 CaCl<sub>2</sub> 型,矿化度为 7.31 g/L,与该水型配伍性较好的起泡剂为 CT5-2,对应的消泡剂为 WT-1。为了适应毛细管的注入要求和置换毛细管后采用柱塞泵注入起泡剂液,最终选择采用上述泡排剂。

### 2. 合理的生产压差

为确保连续排出流入井底的地层水,井底油套环空的流速必须达到连续排液的临界流速,才能保证气流带出井底积液。由于该井生产压差较低,经分离器处理后的天然气需通过增压后进入生产管线,因此要控制合理气井产量,以达到气井恰当的携液能力,及时排出井底积液。

### 3. 合理的加注方法

由于单从套管环空加注起泡剂的效果较差,根据现场实际情况摸索并确定了起泡剂的加注方法:利用外径  $\varnothing 9.525 \times 1.245$  mm 的毛细管将起泡剂注入指定井深,利用柱塞泵注入起泡剂,生产过程中根据实际生产的需求,可以连续加注,也可以间歇加注。同时,毛细管进行加注的过程中,可以根据气井的具体情况,采用相应的起泡剂注入泵在一定的时间间隔内向油管中注入一定量的起泡剂,补充毛细管注入起泡剂量的不足。

消泡剂的加注方法:利用电动柱塞泵在采气井口进分离器前的压力表的考克处通过小三通将消泡剂注入地面的集输管线,消泡后的气液进入分离器进行分离,消泡剂量在生产过程中按要求进行加注。

### 4. 合理加注浓度及用量

在根据地层产水的性质,评价出各种起泡剂适用性的基础上,根据现场实际操作的摸索,优选出其最佳注入浓度;再根据气井日产水量、出液口的泡沫浓度推断、计算出起泡剂的日用量。对于气水比小的井,可取其上限值,然后视其带水情况进行增减;对于有待复活的气井,起泡剂的初始加入量应大一些。一般来说,起泡剂加注量由小到大,消泡剂的加注量由大到小。总之,以达到既能正常带水,又不影响气水分离为原则。

### 5. 合理加注周期的选择

对于只产凝析水或产少量地层水的气井,采取间歇加注起泡剂的方式,起泡剂的加注周期为数天、数月。对日产水量在 20 m<sup>3</sup> 以上的气井,起泡剂的加注周期越短、越均匀越好,最好采取连续注入方式。在实际生产中,可根据气井产水的具体情况进行合理调整。在对毛细管进行替换后,利用井场电动柱塞泵向油管中定时、定量注入起泡剂溶液。

## 六、结论及建议

(1) 电潜泵 + 毛细管泡沫排水复合采气工艺技术为大产水量井提供了新的研究方法;毛细管注起泡剂技术的成功应用,也使一些濒临死亡的气水井有了恢复正常生产的可能,同时也提高了泡沫排水采气工艺的运行效率,解决油、套管不畅通的井开展泡排工艺存在的问题。该复合工艺也适用于产水量较大,气井井筒通畅,无堵塞的低产气井;使一些死井有了恢复产能成为可能。

(2) 电潜泵 + 毛细管泡排复合排水采气工艺技术,具有加注工艺简单、方便、容易使井复活等优点。

(3) 电潜泵 + 毛细管泡排复合排水采气工艺技术在纳 59 井的成功试验,为四川下一步在深井中进行毛细管泡沫排水排水采气工艺提供了技术支撑,也对其他复合工艺有指导意义。

(4) 为了适应川渝气田深井、大产量水气井的排水采气工艺要求,建议使用直径更大,下入深度更深的毛细管及配套工具。

### 参考文献

- [1] 四川石油管理局. 天然气工程手册[M]. 北京:石油工业出版社,1982.
- [2] 杨川东. 采气工程[M]. 北京:石油工业出版社,1997.

(编辑:黄晓川)

## 《钻采工艺》编辑部启事

编辑部现有《钻采工艺》2008 年合订本,有需要的单位或个人请直接与我们联系,每套含邮寄费共 180.00 元,数量不多,欲购从速。联系电话:0838-5152488,5100175,5151384。