

套压对海上边际油田电泵井产量的影响

苏 磊 (中海石油(中国)有限公司湛江分公司, 广东 湛江 524057)

摘要: 套压是影响电泵井生产的一个重要参数, 它的变化不仅影响电潜泵泵效, 还影响地层的供液能力及出水速率, 从而影响油井的产油量。如果能够摸清套压和产量之间的关系, 确定合理的套压, 挖掘单井产能对油田增产增效具有重要意义。本文以海上某边际油田为研究对象, 进行了套压对电泵产量影响的理论分析, 总结如何确定套压的合理范围, 并指导现场实践, 对油田现场具有一定的指导作用。

关键词: 电泵井; 套压; 气油比; 增产

0 引言

由于海洋石油开发成本大, 电潜泵具有占地面积小、操作简单、排量扬程范围大、效率高的优点, 因此被广泛应用在海上油田。

在进行电泵井设计时会根据油藏气油比的大小来选择是否安装油气分离器, 安装有油气分离器的电潜泵井, 一般在油套环空的封隔器上设放气阀来排放分离出来的伴生气, 为了回收这部分伴生气, 海上油田的常规做法是把油套环空与油井立管相连, 因此海上油田电泵井的套压基本与油井背压一致。

在油井的精细化管理过程中发现, 套压是影响电泵井产量的一个重要参数。如何根据每口电泵井的情况, 确定合理的套压范围, 实施有效的套压管理, 既能保证每口井平稳运行, 又能挖掘生产潜能就很有必要。

1 套压影响电泵井产量的理论分析

分析套压对电潜泵井产量的影响, 可以把电潜泵井生产分为三个过程: 原油从地层中到井底的渗流, 原油从井底到电泵吸入口地层举升、原油从电泵吸入口到井口的筒流。分别分析套压对这三个过程的影响。

1.1 套压对地层产能的影响

套压与电泵吸入口压力、井底流压和油藏平均压力的关系可以由下面三个简易公式来表现:

公式(1): 套压与电泵吸入口压力的关系。

$$P_{IN}=P_C+P_{(hp-h)} \quad (1)$$

式中:

P_{IN} —电泵吸入口压力 MPa;

P_C —套压 MPa;

hp —泵挂深度 m;

h —动液面深度 m;

$P_{(hp-h)}$ —动液面到泵挂的液柱压力 MPa。

公式(2): 井底流压与电泵吸入口压力的关系。

$$P_{wf}=P_{IN}+P_{(Ho-hp)} \quad (2)$$

式中:

P_{wf} —井底流压 MPa;

Ho —油层中深;

$P_{(Ho-hp)}$ —泵挂到油层中部的液柱压力。

公式(3): 地层产量与地层压力和井底流压之间的关系。

$$Q=J_L(P_r-P_{wf}) \quad (3)$$

式中:

Q —产量 m^3/d ;

J_L —采液指数 $m^3/(d \cdot MPa)$;

P_r —油藏平均压力 MPa;

P_{wf} —井底流压 MPa。

备注: 在这三个公式中忽略动液面到井口的气柱压力。

在一定时间内当地层压力保持不变, 油井在一定套压下生产, 生产井的流压保持不变, 生产压差保持不变。当套压变化时, 泵挂以下到油层中部的液柱压力通常不随套压变化, 而泵挂以上到动液面的油气液柱压力随套压变化, 实践证明当套压变大时, 电泵吸入口压力变大。

由公式(2)可知电泵吸入口压力变大会引起井底流压的变大。

由公式(3)来看, 井底流压变大, 生产压差就变小, 地层产量就减小。

从这点来看套压增大会导致生产压差变小, 是不利于产量增加的, 应该是套压越低越好, 但是在油田开发后期井底压力或电泵吸入口压力低于饱和压力时就会造成油层脱气, 增加流体的粘度, 影响地层的出液; 对于边底水充足或者注水开发的电泵井, 在降低套压增大生产压差的同时会造成边底水锥进速度过

快,造成水淹,因此套压不是越低越好。

1.2 套压对电潜泵泵效的影响

油井产量最终是靠举升至地面的量来计算的,当地层产量一定的情况下,产量取决于电潜泵的泵效。

公式(4)井筒压力之间的关系。

$$P_{in} + \eta P_E = P_{Hp} + P_{loss} + P_{wh} \quad (4)$$

式中:

η —泵效;

P_E —电泵做功 MPa;

P_{Hp} —电泵泵挂到井口的气液柱压力 MPa;

P_{loss} —油管中的损失 MPa;

P_{wh} —井口油压 MPa。

电泵泵效取决于电泵的充满系数和电泵的质量。

①电泵充满系数与电泵沉没度有关,套压低,沉没度大,电泵充满系数大;套压高,动液面下降,当动液面降低至电泵吸入口时,气体进入电泵,引起气锁。从这点来看套压越低越好,但是对于高气油比小型油藏的电泵井来说,套压过低容易造成地层过早脱气,不仅影响地层的产能,大量的伴生气还会降低油气分离器的效率,造成电泵泵效下降,引起电泵井产量下降;

②电泵长时间运行后叶轮磨损、电机功率下降或者是管柱存在部分漏失,都会影响到电泵效率造成举升能力下、产量下降。遇到此种问题一般是通过更换新的电泵来解决。如何在检泵作业前来减缓产量的衰减是油田现场考虑的问题。

由公式(4)可知:

方法一是降低井口压力来弥补电泵泵效下降造成的举升能力不足,但是在油田现场单独为一口井而降低整个生产系统的压力是不能实现的。

方法二是适当提高套压来提高电泵吸入口压力从而来弥补因泵效下降而带来的举升能力的下降,同时提高套压会增加一部分伴生气溶解在液体中从而降低液柱密度,减小电泵负荷。该方法具有一定的可行性。

2 现场实践

2.1 海上某油田现状

某油田是典型的边际油田,天然能量有限,储量规模小,依靠中心平台注水开发,采用电潜泵采油,产量递减快,存在较多的低效井。

2.2 提高套压降低油层出水速率

A9井含水率达到75%左右。2021年4月进行作业关闭高含水层位,效果未达预期。油田在综合了该

井产能系数之后,决定利用提高套压降低出水层的出水速度来降低综合含水。

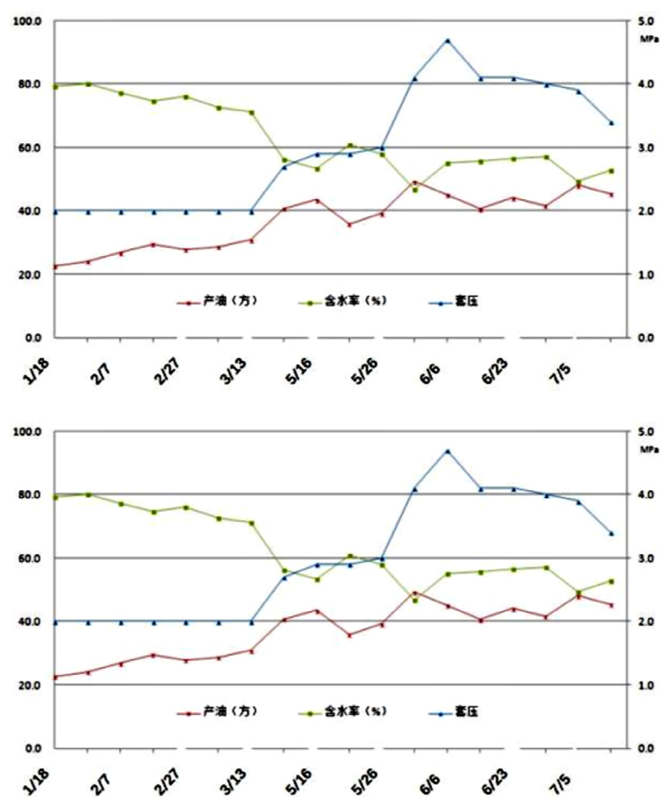


图1 A9井产量与套压关系曲线

由图1可以看出,随着套压的升高,含水逐渐下降,产油逐渐上升,提高套压前平均含水率在76%左右,平均产油27方/天,提压后平均含水率降到54.7%,产油增加到43方/天,取得良好效果。

A3井也是一口注水开发的高含水井,但是该井气油比比较低,关闭套管阀套压不升高,利用A9井向油套环空注气来增加套压,分别测试了不同套压值下的含水率,发现变化不大(如图2)。

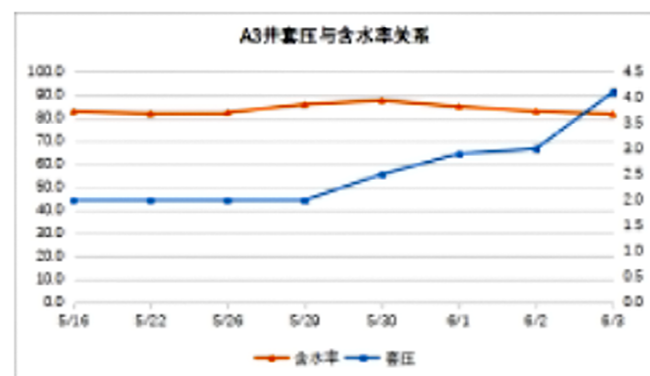


图2 A3井产量与套压关系曲线

这说明提高套压控水和油井本身的气油比有关, 气油比大的井效果好。

2.3 提高套压改善电泵的运行工况

A6H 井是一口电泵井, 由电泵工况仪发现, 自 2021 年初电机温度逐步升高, 3 月份以来频繁出现电机温度大于 150°C , 超过电泵的设计温度。为保护电泵, 油田采用间歇生产的工作制度, 停泵等电机自然冷却下来再启泵生产, 但是间歇生产的周期越来越短以至于不能正常生产, 3 月份的生产时效仅有 74.8%。油田现场在逐步排查故障之后, 发现是由于电泵泵效下降造成举升能力下降, 井液在井筒内循环是造成电机温度过高的问题。根据套压对电泵吸入口压力的影响, 油田通过不断尝试提高套压来增加电泵吸入口的压力弥补举升能力不足的问题, 最终确定套压在 3MPa, 电泵吸入口压力稳定在 13.79MPa, 电潜泵能够稳定运行, 解决电机过热问题。

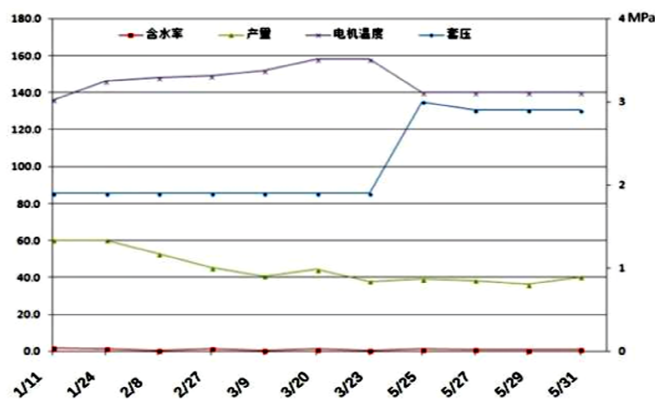


图 3 A6H 井产量与套压关系曲线

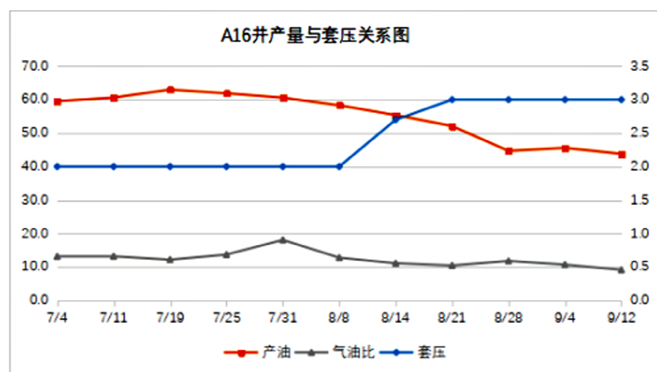


图 4 A16 井产量与套压关系曲线

由图 3 可以直观看出随着电机温度的上升, 电泵泵效是逐渐下降的, 该井产量也是逐渐下降的, 合理控制套压后产量稳定在了 39 方 / 天左右。该方法只能

用作现场短时间来维持电泵生产, 随着生产的持续进行, 泵效会继续变差, 最终还是要通过检泵作业解决。

2.4 不同气油比下套压对电泵井产量影响不同

2021 年 8 月 10 日发现 A16 井放气阀液压管线井下部分存在漏失, 于是关闭放气阀, 导致套压有所升高, 测试过程中发现产量有所下降 (见图 4)。

A23 井是一口高气油比的电泵井, 实践发现套压对产量的影响比 A16 井大。

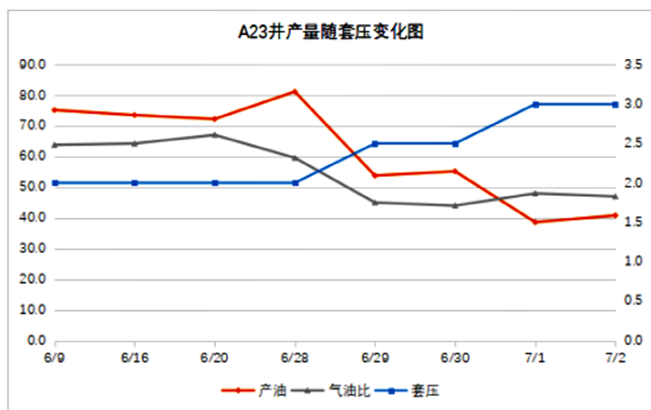


图 5 A23 井产量与套压关系曲线

由 A16 井和 A23 井的产量与套压关系图可以看出, 高气油比井的套压对产量的影响大。

3 结论

合理的套压才会提高电泵井的产量, 是否需要调节套压要根据电泵井的产量情况来确定, 合理的套压要在现场不断摸索, 探索合理套压区间要综合考虑地层的供液能力、油藏的饱和压力、气油比、出水情况和电泵的泵效等。不同生产层位的井需要不同的套压, 不同泵效的井需要不同的套压, 不同时期的井需要不同的套压。

油田运用套压对电泵井产量影响的原理, 探索每口井最优套压范围, 解决了多口低效井问题, 综合生产时率提高了 3.2%, 挽回产量 5340 方, 取得了良好的经济效益。

参考文献:

- [1] 张琪. 采油工程原理与设计 [M]. 东营: 石油大学出版社, 2002.
- [2] 牛彩云等. 浅谈高气油比机采井正常生产时的合理套压 [J]. 石油矿场机械, 2010, 3(8): 94.

作者简介:

苏磊 (1983-), 男, 工程师、海洋油气操作工高级技师, 从事海洋油气开采工作。