

油井敏感性参数分析在提液中的应用

孙庆辉

(中石化胜利油田分公司东辛采油厂辛一管理区)

摘要: 抽油井的泵效的主要影响因素是产液量与理论排量, 在生产管理过程中, 要想控制好泵效指标必须全面分析原因, 制定合理、有效的方案制度。影响泵效的主要因素为两大类: 产液量的变化; 理论排量的变化。而提高泵效的方法也就分成提高产液量和降低理论排量两个方面。需要根据实际生产需要, 结合合理区控制图, 及时调整生产参数, 提高油井举升设备与油层工作状况的相互协调性, 保证泵效合理。为优化工程技术参数, 提高泵效, 分析认为漏失、气体影响占主要因素, 冲次调整不大时, K 值为常数 1, 冲次调整较大时, 气体影响加剧, 造成泵效下降, 调整越大, 泵效越低, 可在分析基础上合理调整泵效, 降低能耗。

关键词: 油井泵效; 敏感参数; 相关性; 优化调整

1 工况参数相关性研究

井口回压作为井口采出流体进入分离器的动力, 是油田生产流程中井下系统与地面系统的衔接点。回压的大小合理与否, 对整个系统的高效合理运行有着重要的作用。井口回压关系着井口产液量、抽油设备能耗及产能建设投资等问题。为合理优化机采系统及集输系统, 达到效益最大化, 该研究分析了井口回压对油管内流体密度、抽油泵漏失等因素的影响, 进而确定井口回压与泵效的量化关系, 形成计算程序, 为工程设计及生产管理人员提供了有利的技术支持。高回压、低泵效区块给生产技术分析与管理带来了一定的挑战。目前以下两个问题是这一领域的关注重点: (1) 井口回压对泵效影响的具体数量范围; (2) 井口回压对泵效影响比较显著的条件或工况类型。国内关于回压与泵效关系的研究比较少, 主要的研究是着眼于解决上文第一个问题。大庆石油学院张文等人通过对油田的研究认为: 泵效与井口回压基本成线性关系, 井口回压越大, 泵效越低, 井口回压增加 1 MPa, 泵效降低 1%~2%。长江大学王海斌等人通过胜利油田的实例研究了回压变化对泵效及能耗的影响。本文完善相关的计算模型, 对回压泵效关系中敏感性相关因素如气液比、泵挂深度、动液面深度、抽油泵间隙以及含水率的影响进行了深入的计算分析, 并确定了回压对泵效关系影响比较显著的几类工况。

根据相关油田的经验公式确定。(1) 井口回压对抽油泵漏失的影响, 主要是通过改变柱塞上部压力进而改变柱塞两端压差来实现的。(2) 井口回压对冲程损失的影响, 冲程损失的动态影响因素是柱塞上的液柱载荷, 回压的变化会影响油管内多相流态的分布, 即气相液相在油管内的比重, 当回压增加时油管内液相含量增加, 因此作用在柱塞上的液柱载荷会发生变化进而冲程损失发生变化。因此井口回压对泵效影响的主要计算步骤如下: 第一步: 计算抽油泵排出口压力; 计算方法: Beggs-Brill 方法, 以井口回压为起点, 向下迭代计算至泵排出口, 主要影响因素: 产液量、气液比、流体物性等。第二步: 计算上冲程柱塞上下两端压差; 泵入口压力计算, 影响因素: 套压、液面等。第三步: 计算冲程损失; 第四步: 计算间隙漏失量。

2 冲次调整与泵效关系

影响油井泵效的主要地质因素有油层能量、油层结构及物性、产出液体物性等 3 个方面。(1) 油层能量的影响及相应泵效提高措施。油层能量相对高, 供液能力强, 则油井泵效相应也高。反之,

油层能量相对低, 供液能力弱, 则油井泵效相应就低。由于地层能量得不到补充而导致供液不足, 泵效、生产效益低, 有待加强注水开采工作。这也是提高这些区块油井

泵效的根本措施。(2) 油层结构、物性的影响及相应泵效提高措施。油层结构、物性是影响泵效的重要地质因素之一。如果油层属于结构疏松、胶结不好的砂岩, 则油井生产过程中容易出砂, 砂粒磨损抽油泵的凡尔球、凡尔座、活塞、衬套等部件, 导致泵漏, 泵效降低。或者出砂导致固定凡尔、游动凡尔卡住失效, 甚至造成砂埋生产管柱, 大大降低泵效或泵

完全失效。要减轻这个因素的影响, 提高油井泵效, 鉴于经济、技术等条件限制, 侧重于在定 n, s, p、选泵、优化管柱、维护措施等方面做大量工作。据区块油井情况确定相应的 n, s, p 及合理的生产制度, 大大提高了泵效。(3) 油井产出液体物性的影响及相应泵效提高措施。油井产出液体的物性对油井泵效也有重要的影响。如液体含砂多、含蜡高、易结蜡、含气量大、油稠、粘度大等等都会对泵效有很大的影响。归结起来主要有 3 个方面: 一是气体的影响; 二是漏失。包括凡尔的漏失和柱塞与泵筒之间的漏失; 三是冲程损失。但对目前分析的冲次调整油井影响泵效来说, 主要因素是气体影响造成。

3 冲次调整影响泵效分析

在油田开采中后期的油井或动液面低的油井, 特别是高气液比的油井, 气体是影响抽油泵泵效的主要因素之一。抽油泵在抽汲过程中, 泵腔泵筒内下游动阀与固定阀之间的部分内存在游离气、溶解气。泵上冲程时, 若泵腔内的压力低于气体溶于液体的饱和压力, 溶于液体中的气体就会从液体中分离出来。当泵腔内的温度低于原油中某些组分的临界温度时, 压力的降低还会引起这些液态组分部分地向气态转化, 成为凝析气。这些气体占据泵腔的部分体积, 会降低泵的充满度, 从而降低了泵效。泵下冲程时, 泵腔内气液两相流体被压缩, 直到泵腔内压力大于游动阀上部的压力时, 游动阀才打开, 将泵腔内的原油排出。含气油井中的抽油泵球阀一般都会开启滞后, 当在泵腔内的气体所占据的体积足够大时, 不但下冲程时游动阀打不开, 甚至上冲程时固定阀也有可能打不开, 整个上、下冲程中只是腔内气体在膨胀和压缩, 而没有液体举升, 此时抽油泵出现“气锁”现象, 无法正常工作。

3.1 泵腔内的压力

含气油井中的抽油泵, 在上冲程时, 固定阀和游动阀之间会有

气体聚积,若没有相的变化即泵腔内的油在压力降低时无凝析气产生,则泵腔内的压力变化可根据气体的状态变化规律近似地表示为公式:

$$p_x = p_i [V_g / V_g + V_x]^\gamma \approx p_d [L_g / L_g + X]^\gamma \quad (1)$$

式中: p_x — 柱塞在上冲的 X 位置时, 压缩腔内的压力, MPa; X — 柱塞相对于上冲开始时的位置, m; p_i — 游动阀关闭瞬间, 压缩腔内的压力, 近似于泵的排出压力, MPa; p_a — 泵的排出压力, MPa; V_g — 在上冲开始, 当游动阀关闭时, 固定阀与游动阀之间聚积的气体体积, m; V_x — 当柱塞在 X 位置时, 柱塞上行让出的体积, m; L_g — 在上冲开始, 当游动阀关闭时, 固定阀与游动阀之间被聚积的气体有效长度, m; γ — 泵腔内气体的比热比定压比热与定容比热之比值。等温膨胀或压缩时, 气体的比热比 $\gamma=1$; 绝热膨胀或压缩时, 甲烷在大气压下, $\gamma=1.303$ 。

3.2 含气油井的抽油泵泵效计算公式:

如果泵吸人处的气/液体积比即油气比是 m, 则抽油泵泵效为:

$$e = \frac{S_{eff} - L_b}{S(m+1)} = \frac{1 - (L_g/S)[(p_d/p_a)^{1/\gamma} - 1] - L_b}{m+1} \quad (2)$$

4 泵效分析

很明显, 由式(2)可看出, 要提高含气油井的抽油泵泵效, 需从以下几个方面做工作。

4.1 降低 P_a/P_o 比值。常规泵的排出压力 P 由下泵深度决定, 只有提高泵的吸人压力 P_oP , 即增加泵的沉没度, 才会提高泵效。但随着沉没度的不断增加, 会增加刷气的产生, 即会加大玩, 所以有一个最佳沉没度; 另外, 随着沉没度的不断增加, 还会因冲程损失及

漏失的可能性增加而降低泵效。

4.2 加大冲程 S, 提高抽油泵的压缩比。降低冲次 n。随着冲次的降低, 泵腔内的压力变化速度就会减慢, 腔内从原油中分离出的溶解气就会减少, 坑和玩都会减小。同时, 每一冲程的排油时间就长, 油气在进泵前就会有较长的分离时间, 减少了进入泵腔的气体。

4.3 减小余隙容积。坐泵后, 要使游动阀与固定阀在冲程的下死点位置时尽可能接近而又不发生碰撞, 即坐泵后要提防冲距尽可能小, 从而提高抽油泵的压缩比。已定期放掉套管气。这有利于油套环空间并液溶解气的分离, 降低进入泵腔前并液的油气比, 从而提高泵效。但因气体释放不均匀易造成地层出砂。其他因素不变, 仅冲次调整可知, 油井冲次上调后泵效降低。

5 结束语

(1) 影响泵效的因素有气体的影响、漏失, 以及冲程损失。(2) 对油气比较高的油井来说, 目前分析的冲次调整油井影响泵效来说, 主要因素是气体影响造成。(3) 当冲次调整较小时 (小于 0.88), 气体影响不大, K 值接近 1; 当冲次调整较大时 (大于 1.4), 气体影响较大, K 值呈现下降趋势。(4) 油田调整参数油井井数较多, 提液增产成为一种增产手段, 因此合理调整泵效, 降低电耗和增产, 成为不可或缺的方法。

参考文献:

[1] 时本庆. 浅析冲次对聚区抽油机井的影响[J]. 中国石油和化工标准与质量. 2017 (09)
[2] 马庆. 不同泵径合理冲次调整界限确定[J]. 黑龙江科技信息. 2016 (13)

(上接第 116 页)

压驱后注入井吸水指数大幅上升、启动压力下降, 注入能力迅速提高。恢复常规注水后启动压力明显降低, 反映压驱产生微裂缝, 储层渗流能力提高。压驱注入分为压驱注入阶段、快速泄压阶段和缓慢降压阶段, 压驱前吸水指数 2.5m³/Mpa、启动压力 27MPa, 压驱后吸水指数 26.8m³/Mpa、启动压力 27MPa, 压驱后常规注水吸水指数 10.1m³/Mpa、启动压力 23.7MPa。综合破裂压力测试及微地震监测, 随着压驱进行, 微破裂逐渐生长, 在注水井附近形成裂缝带, 方向为北东 73°, 油井开井引流后裂缝生长方向偏转指向生产井。

(2) 压驱压力传导具有明显方向性、差异性

压驱后低部位水平井 P2 油井响应快、近井距 T3 响应上升迅速快, 高部位基本稳定。

(3) 压驱促地层能量快速回升, 水驱波及扩大

从液面恢复、井口压力、示功图显示及油藏数值模拟, 压驱后井区能量整体回升, 低部位压力明显高于高部位压力。压驱过程中差异化调整促使油井见效率提升, 高部位调参引流后 X199 初期单井日增油 9.9t, 低部位 X189 日增油 3.5t, P2 仍自喷生产, 开发效果改善明显, 截至目前累增油 1260t。示踪剂显示实际注入水波及方向与微地震监测方向一致, 结合引流使裂缝偏转, 表明压驱微裂缝是流体有效传递的关键。

(4) 压驱后剩余油集中富集, 开发效果改善

随着注入水进入地层, 剩余油被推至生产井附近, 剩余油局部更加富集, 压驱后开发效果明显改善, 有效期预测投入产出比 1:1.72。

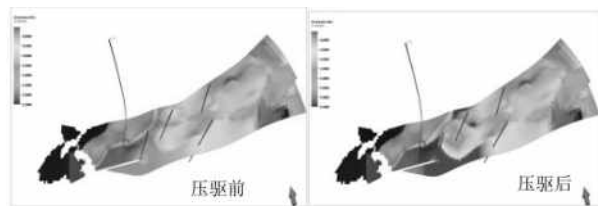


图 1 压驱前、后含油饱和度图

3.2 压驱初步认识

受构造、沉积方向、井网井距、非均质性、地应力等因素影响, 压驱造缝、井区见效差异较大, 该井组压驱实施过程中储层非均质性、注采井距占主导因素。A 区块沙二 9 单元实施整体压驱注入端多点轮注增加受效方向, 促进地层能量整体回升。下步深化提升压驱实践及认识, 压驱推广储量规模 1279 万吨 (井组 19 个、整体压驱单元 1 个), 促进油藏开发提质增效。

参考文献:

[1] 姜瑞忠. 储层特征参数变化对油藏开发效果的影响. 油气田地面工程, 2005, 24 (4): P32-33.