

复杂工况油井举升技术研究与实践

刘冬雷

中油辽河油田分公司科技部

DOI:10.12238/jpm.v4i10.6327

[摘要] 针对曙光油田油品种类多, 开发方式多样, 部分油井受吞吐轮次高、硫化氢腐蚀、出砂、井斜大等因素影响, 存在套管内径缩小、抽油泵泵效降低及砂卡等复杂工况问题, 为此开展举升系列技术研究, 以解决复杂工况油井举升难题。

[关键词] 复杂工况; 举升; 曙光油田; 长冲程; 流线型

Research and practice of oil well lifting technology in complex working condition

Liu Donglei

(Science and Technology Department of CPC Liaohe Oilfield Company, Panjin, Liaoning, 124010)

[Abstract] in view of shuguang oil product types, development way is diverse, part of the well by turre second high, hydrogen sulfide corrosion, sand, well large factors, such as casing inner diameter reduction, pumping pump efficiency and complex conditions such as sand card, therefore the lift series technology research, in order to solve the complex condition of oil well lift problem.

[Key words] complex working condition lift Shuguang oil field long stroke, streamlined

引言

曙光稀油油藏构造上位于辽河断陷西部凹陷西斜坡中段。自下而上共开发潜山、杜家台、莲花、大凌河等四套含油层系。而双北、曙 54 等区块由于油层埋藏深、注采井网不完善及低孔低渗等因素影响, 存在着地层压力下降、动液面降低等问题, 需要加深泵挂, 增加生产压差以维持油井产量。对于深抽油井, 加深泵挂会进一步增加冲程损失, 降低抽油泵泵效; 而增加冲程又面临着泵筒过长、加工难度大的问题, 因此需要对泵筒及柱塞结构进行改进以降低加工难度、实现冲程提高。同时对于斜井或悬挂 86mm 内径套管的油井, 当液面降至井斜较大处或悬挂器以下时, 常规泵(最大外径 89mm) 出现泵效降低或无法下入的问题, 导致油井供液不足被迫停井。

稠油开采过程中的注汽及下泵作业需要先后起下两趟管柱, 给油井生产管理带来了诸多负面影响, 耗费了大量的维护性作业费用, 延误了油井有效生产时率。而目前主要使用杆式泵实现不动管柱注汽及下泵, 但因现有的杆式泵因密封和锚定结构复杂, 现场应用故障率高, 难以规模应用。

在 SAGD 举升方面, 由于油井产液量高、抽油泵排量大, 普通筛管无法满足排量需求, 同时常规间隙抽油泵砂卡概率较高, 缩短了检泵周期, 降低了 SAGD 油井产量。

1 抽油泵技术研究

1.1 短泵筒 10m 冲程抽油泵的研究

针对超长泵筒加工难度大、缺少加工设备等问题, 研制双

级柱塞 10m 冲程抽油泵。相对于常规抽油泵, 柱塞采用双段式结构设计, 在不增加泵筒有效长度的基础上实现增加冲程的目的。

新型 10m 冲程抽油泵柱塞采用双段式结构, 两段柱塞由连杆连接, 总长度 8.1m, 泵筒有效长度 7.2m。在下死点位置时, 上段柱塞位于有效泵筒内。抽吸过程中, 抽油泵始终保持至少有一段柱塞位于有效泵筒内, 使柱塞有效行程大于 10m。

1.2 流线型无磁防漏泵研究

针对常规泵无法下入 86mm 内径套管, 及常规抽油泵长时间生产存在的阀座漏失的问题, 进行了流线型无磁防漏泵的研究。

经对漏失抽油泵解剖分析, 发现阀座的密封面刺漏现象严重, 有的即使不严重, 地面真空度实验也远远达不到要求, 漏失原因是: (1) 抽油泵普通固定阀或硬质合金固定阀本身具有磁性或吸磁性, 在井下工作时, 由于地磁性的影响或油井使用过强磁防蜡器、强磁打捞工具等, 阀的密封表面容易附着金属铁屑(金属铁屑主要是工作时抽油杆与油管磨损和作业起下油管时油管与套管磨损所产生), 使抽油泵固定阀关闭不严, 漏失严重, 气(稠油热采井主要是水蒸汽) 大井或高排量井容易刺坏凡尔, 造成频繁作业; (2) 对于普通材质固定阀, 硬度低, 遇到高含砂井, 固定阀关闭时, 由于砂粒垫在密封面上, 除密封不好外, 频繁开启、关闭, 密封面容易损坏, 加剧了漏失和刺坏; (3) 普通材质固定阀耐腐蚀性差, 在含腐蚀性介

质(特别是酸化井)的油井中会因腐蚀而损坏。

1.2.1 技术原理

采用流线型结构的固定凡尔系统,相对于常规泵,泵径由 $\Phi 89\text{mm}$ 缩小到 $\Phi 73\text{mm}$,在不影响泵的充满系数情况下实现深入侧钻段小套管采油。并且在容易产生漏失的游动阀、固定阀系统作了改进。

1.2.2 技术特点:

(1) 游动阀、固定阀采用了无磁硬质合金。由于无磁硬质合金材质与普通阀材质比硬度高、耐腐蚀,与普通硬质合金阀比硬度基本相同,但抗弯强度、冲击韧性和耐腐蚀性高,最主要的是无磁硬质合金没有磁性和吸磁性,能显著降低或克服磨损、刺坏而引起的漏失,延长抽油泵的高产期和稳产期,提高了有杆泵井经济效益。

(2) 固定阀系统采用流线型结构。由于固定阀系统结构本身不合理,延续四孔式苏式固定阀罩结构,进液时,液流阻力大,凡尔球起跳高度、油流通道面积等都不尽合理,严重影响着泵的充满系数。所以,特将固定凡尔系统设计成流线型结构见图1,固定阀罩采用了三个梅花瓣导向筋流线型阀罩结构,固定阀座与下接头之间的直径突变改为直径缓慢变化的流线型结构,以减小液体进泵阻力,提高了泵的充满系数。另外,导向筋可以扶正固定球阀,适合于在斜井中应用。

最大外径为 $\Phi 73\text{mm}$ 的抽油泵可与 $\Phi 60\text{mm}$ 油管连接可以到油井侧钻井井段(套管内径 $\Phi 86\text{mm}$)中。

1.3 多功能抽油泵研究

多功能抽油泵主要由耐高温泵筒、柱塞、开放式固定凡尔总成及可投式固定凡尔球组成。

1.3.1 技术原理

热采及冲砂作业过程中,首先将泵筒随管柱一同下入井内,这时泵筒底部的固定凡尔总成无凡尔球,为中空结构,注汽焖井或冲砂结束后不动管柱再向油管内投入固定凡尔球,随后将柱塞和抽油杆一起下入,当柱塞下入底部后,将支撑在支撑座上的固定凡尔球顶入泵筒底部固定凡尔总成内,完成作业施工。上提杆柱调好防冲距后,即可像普通管式泵一样正常生产。

1.3.2 技术特点:

(1) 实施选采/机械堵水一体管柱时,首先将泵筒通过尾管连接打压座封隔器及爆破阀,即向管柱打压使爆破阀打开。向泵筒内投放固定凡尔球,随后将柱塞和抽油杆一起下入,当柱塞下入底部后,迅速下放杆柱,将支撑在支撑座上的固定凡尔球顶入泵筒底部固定凡尔总成。完成选采管柱,可正常抽吸生产。

(2) 实施注采一体管柱过程中,首先将泵筒随注汽管柱下入井内,注汽焖井结束后不动管柱向井内投入固定凡尔球,随后将柱塞和抽油杆一起下入,当柱塞下入底部后,迅速下放杆柱,将支撑在支撑座上的固定凡尔球顶入泵筒底部固定凡尔总成,即可和普通泵一样正常抽汲生产。

(3) 实施稀油冲砂采油,首先将泵筒随冲砂管柱下入井内正冲砂,冲砂结束后上提管柱至泵挂位置后向井内投入固定凡尔球,随后将柱塞和抽油杆一起下入,当柱塞下入底部后,迅速下放杆柱,将支撑在支撑座上的固定凡尔球顶入泵筒底部固定凡尔总成。完成后,即可正常抽汲生产。

1.4 SAGD 油井防砂技术的研究

1.4.1 砂样分析

利用音波振动式粒度分析仪对杜84-馆H52井砂样进行分析:粒度中值:0.5467mm,粒径在0.3mm以上占比98.88%,地层砂分选较好,考虑到高产水平井渗流需求,防砂筛管筛网可选挡砂粒径0.3mm左右,少量粒径在0.3mm以下的地层砂可通过放大泵间隙随液流采出。

1.4.2 防砂筛管的研制

针对SAGD水平井日产液量高、出中粒砂、地层砂分选好的特点,研制出SAGD专用的 $\Phi 114$ 弹性筛管II型。该筛管抗压强度30MPa,过流面积占管体表面积80%,挡砂粒径0.1-0.4mm可调。具有抗压强度高、挡砂能力强、过流面积大的优点。

(1) 技术原理:筛管采用三层结构(基管、过滤网、保护套)。基管为按一定规则打孔套管,基管外是滤网过滤材料,过滤材料通过支撑环在套管上定位,外面有一层均匀布孔的外保护套。

(2) 技术特点:筛管整体过流面积大,流通性好;过滤层采用不同目数的双层不锈钢金属筛网,挡砂效果好,耐腐蚀、耐冲蚀能力强,适用于高产出砂井;基管为打孔的API油管,强度高、通径大,便于井下工具与测试工具的通行。

1.4.3 挡砂性能实验和筛网挡砂粒径优化设计

按照现场砂样粒径分布数据,将各粒度级别的石英砂配制试验砂样,以现场流体特征指标为依据配制试验流体。

1) 实验材料:①挡砂粒径250、300、350、400 μm 的弹性筛管样品、②粒度中值0.5mm石英砂、③试验流体,胍胶,模拟SAGD开采条件下稠油粘度100mPa·s。

2) 试验过程

在模拟筒内放置筛管样品,外部充填模拟地层砂,密封试验筒,整体试压,合格后开泵泵入流体,采集产出砂量数据,将产出砂进行清洗、烘干、粒度分析,最后对试验数据进行分析处理。

3) 挡砂性能分析

通过对产出液中的石英砂进行粒度分析,得出4种筛管的产出砂数据,由表3中数据可知:250、300、350 μm ,3个筛管样品产出砂超过标称粒径的数量小于10%,挡砂性能满足现场需求,400 μm 筛管样品产出砂超过标称粒径的数量占比大于10%,不能满足现场需求。因此,选择筛网挡砂粒径可选挡砂粒径0.3mm。

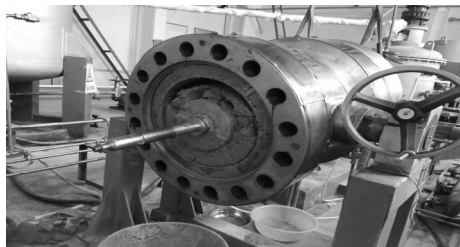


图1 挡砂性能实验

筛管挡砂粒径/um	总出砂量/g	超过标称粒径数量占比/%
250	8.05	6.42
300	11.12	7.63
350	28.35	8.55
400	42.68	13.38

表2 出砂数据表

1.4.4 过流性能实验

1) 水头损失计算公式:

$$h_j = \xi \frac{v^2}{2g}$$

$$\xi = 0.5 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right)$$

式中

ξ ——局部水头损失系数;

v —— ξ 对应的断面平均流速。

针对防砂筛管, 流体流过防砂筛管时, 认为流体由很大的断面流入管道突然缩小, 因此认为 A_2/A_1 即为筛管过流面积, 得出防砂筛管水头损失计算公式为:

$$h_j = 0.5 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \frac{v^2}{2g}$$

挡砂粒径为 0.3mm 的筛管, 过流面积为筛管本体面积 80%, 理论水头损失仅为:

$$h_j = 0.5 \times (1 - 80\%) \frac{v^2}{2g} = 0.01 \frac{v^2}{2g}$$

2) 过流性能实验

采用粘度为 100MPa·s 的胍胶模拟地层流体进行过流实验, 筛管样品长度 0.5 米, 通过加压模拟地层生产压差, 记录不同压差下的出口流量, 实验结果表明, 3MPa 条件下 0.5 米筛管 5 分钟渗流量为 3.1 升, 100 米筛管每天的折算流量为 892.8m³, 而杜 84 馆陶 SAGD 水平井日产液量平均为 330t, 说明该筛管过

流性能远远满足现场需求。

表1 不同压力下出口流量表

压力/Mpa	出口流量 (0.5m筛管/5分钟) /l	折算流量 (100m筛管/每天) /m ³
1	2.5	720.0
2	2.7	777.6
3	3.1	892.8
4	3.4	979.2
5	3.8	1094.4

2、现场应用效果

1. 短泵筒 10m 冲程抽油泵现场实施 8 井次, 措施井平均泵效提高 10%以上, 阶段增油 1099t。

2. 流线型无磁防漏泵现场实施 23 井次, 措施井重新恢复正常生产, 同时减少因固定阀漏失导致的检泵 12 井次, 措施增油 1543.8t。

3. 多功能抽油泵共现场实施 16 井次, 措施增油 2885.2t。

4. SAGD 油井防砂技术共现场实施 3 井次, 有效解决了部分 SAGD 油井由于出砂问题导致的砂卡检泵问题, 措施增油 4657t。

3、结论与认识

1、10m 冲程抽油泵及流线型无磁防漏泵技术解决了曙光油田部分深抽油井泵效低、小套管或井斜较大油井无法下入、检泵周期短等问题, 提高了油井产量, 节省了检泵作业费用。为稀油区块液面较低油井稳产起到了支撑作用。

2、多功能抽油泵技术突破杆式泵在曙光油田复杂工况油井使用的局限性, 实现注采、冲采一趟管柱, 并配合选注选采、机械堵水等措施实施, 节省了下泵作业费用。

3、SAGD 油井防砂技术的成功实施, 在保障 SAGD 井产量的同时, 达到了良好的防砂效果, 为出砂 SAGD 油井的稳产创效提供了有效的技术支撑。

4、该技术为曙光油田稀油深抽油井、小套管或井斜较大油井及出砂 SAGD 油井等复杂工况油井的持续稳产开发提供了有效的技术保障, 应用前景广阔。

[参考文献]

[1]杨野.大庆油田机械采油节能技术现状及展望[J].机电工程技术.2010,(11).132-135.

[2]李书应,顾文忠.小泵深抽技术在低渗油藏中的应用研究[J].特种油气藏.2006,(6)..021.

[3]谢义华,杨静.深井抽油泵失效分析及控制措施[J].石油机械.2004,(6).023.