

低压漏失井冲砂技术研究

武浩

辽河工程技术分公司

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8359

[摘要] 当油田进入开发中后期,地层压力普遍较低,释放产能技术手段不断实施,随着强采进行近井地带漏失严重,砂岩的胶结强度遭到严重破坏,致使油井出砂严重。油井积砂后,一般采用水力循环冲砂清除井内沉砂,但漏失井、低压油井很难建立循环,冲砂时大量的冲砂液携砂漏入油层,既造成油层污染,又造成孔隙堵塞。井筒内沉砂会降低油井渗流率,严重影响油井产能,因此,低压漏失油井冲砂作业,已成为恢复油井产能的必要手段。油井投产后砂又进入油井,造成重复冲砂作业。针对以上问题,我们研发了一套适用于漏失井及低压井的冲、捞砂工艺技术。

[关键词] 低压漏失井; 渗流率; 冲砂; 恢复油井产能

Research on sand flushing technology for low-pressure leakage wells

Wu Hao

Liaohe Engineering Technology Branch

[Abstract] As oil fields enter the middle and later stages of development, the formation pressure is generally low, and the technology of releasing production capacity is continuously implemented. With the implementation of strong production, the leakage in the near wellbore zone is severe, and the bonding strength of sandstone is seriously damaged, resulting in severe sand production in oil wells. After sand accumulation in oil wells, hydraulic circulation sand flushing is generally used to remove the settled sand in the well. However, it is difficult to establish circulation in leaking wells and low-pressure oil wells. During sand flushing, a large amount of flushing fluid carries sand and leaks into the reservoir, causing both reservoir pollution and pore blockage. Sand settling in the wellbore can reduce the permeability of the oil well and seriously affect its productivity. Therefore, sand flushing operations in low-pressure loss oil wells have become a necessary means of restoring oil well productivity. After the oil well is put into operation, sand enters the well again, causing repeated sand flushing operations. We have developed a set of flushing and sand removal technology suitable for lost circulation wells and low-pressure wells to address the above issues.

[Key words] Low pressure leakage well; Seepage rate; Sand flushing; Restore oil well productivity

引言

砂岩油藏进入开采中后期,地层压力下降至饱和压力以下,油井脱气严重,随着强采进行近井地带漏失严重,砂岩的胶结强度遭到严重破坏,致使油井出砂严重。油井出砂已经成为比较严重的问题,直接影响到油井的原油产量。低压漏失井冲砂存在以下几个难题:

由于套管尺寸变化,冲砂液携带井筒内地层砂上返过程中,连续正冲砂效率下降,只能冲出 1/3 的沉砂,甚至难以将砂冲出;停泵接续冲砂管柱时,容易在套管尺寸变化处重新堆积,造成砂卡的现象。

传统的水力冲砂接每根冲砂管时都需要停泵,停泵后井

筒携砂液中的砂子回落,不但降低冲砂效率,而且容易形成砂桥,增大砂卡冲砂管柱的几率。

冲砂液携带地层砂上返过程中,停泵接续冲砂管柱时,地层砂容易回落重新堆积,造成砂堵的现象。

低压漏失井出砂更严重,出砂严重易造成套管损坏、泵、管、杆的磨损,小到影响油井的检泵周期,大到造成油井套坏错段,严重时造成油井大修、换套。尤其是目前在油田开发中后期,低压漏失井逐年增多,此类井的冲砂成为影响油井高效生产的主要原因之一。

总体讲,低压漏失井冲砂技术大致有以下几方面:

1 低压漏失井冲砂工艺技术

1.1 利用封隔器将油层上下封堵

上下封隔器之间的双层管柱结构形成防污染冲砂循环系统；地面液流控制组合阀利用上提冲砂管柱的动作控制上流和侧流阀的开关，以保持地面不停泵即可

连接油管，达到防止油层污染连续冲砂的目的。

漏失井机械冲砂工艺系统包括井底喷头、双封隔器、油管、伸缩调整接头、液流控制阀、简便活动冲砂接头。其中：液流控制阀连接在冲砂单根油管上，用上提冲砂管柱的方式，控制上流控制阀和侧流控制阀开关，不需停泵即可接油管，达到连续冲砂；封隔器属自封型，能够成功封堵射孔井段，实现不污染油层，彻底清除井内沉砂；双层管柱由内外管连接在 B-F 型封隔器和 E-F 型封隔器之间，使冲砂液、携砂液不流经射孔井段，在双层管柱中建立冲砂循环通道。

1.2 应用实例

海 16-42 井，该井在 1588m 处遇有砂桥，冲砂管柱入井顺序为：冲砂头+Z-F

封隔器+油管 15 根+B-F 封隔器+导流控制阀+油管+液流控制阀+出口软管线进沉砂罐。第一根油管冲到底后，无需停泵，直接提起一根事先连好的油管+液流控制阀，油管与第一个液流控制阀上接头联接后，上提油管，靠井内油管的重量将液流控制阀上的剪钉剪断，活塞下行，关闭侧向阀，打开上流阀，实现不

停泵连续冲砂。重复上述动作，直至冲砂到井底。这口井冲砂进尺累计 136m，

返出砂量 2.69m³。

1.3 工艺特点

(1)既能成功封堵漏失井段以达到最佳冲砂效果，也避免对地层的污染。

(2)实现不停泵连续冲砂，降低操作风险，提高工序成功率。

(3)缩短冲砂时间，节约施工成本。

2 连续、正反一体化冲砂技术

2.1 工艺原理

砂岩油藏进入开采中后期，油井出砂已经成为比较严重的问题，直接影响到油井的原油产量。传统的水力冲砂接每根冲砂管时都需要停泵，停泵后井筒携砂液中的砂子回落，不但降低冲砂效率，而且容易形成砂桥，增大砂卡冲砂管柱的几率。针对不同井型进行明确的施工设计及相应工具配备，可实现井深 5000 米，水平段长 1000 米的冲砂作业，冲砂全过程不停泵，正反连续冲砂、连续携砂上返，提高了冲砂效率，确保施工安全。

该工艺是由接单根冲砂管柱连续系统和正、反冲砂相互转换的连续系统组成。

●利用特殊自封井口装置、连续冲砂换向阀及地面三通阀相互协作，实现接单根冲砂管柱时，不停泵连续作业。

●通过控制地面正反调控阀组，不需停泵及拆装管线，利用正冲砂冲击力强，反冲砂携砂能力强的特点，根据需要，实行正、反冲砂的转换，完成安全、高效的冲砂作业。

2.2 主要装置

油井连续、正反一体化冲砂技术装置主要包括连续冲砂换向阀、特制自封井口地面三通阀、地面正反调控阀组、井下正

反冲砂器。



图1 连续冲砂换向阀

施工作业时每接一根冲砂油管需连接 1 个连续冲砂换向阀。可实现油管内、外液流方向的转换。长度 1 米，仅适用于 31/2" 油管连接。



图2 特制自封井口

可实现油管与套管间的密封，耐压 5MPa。与冲砂换向阀配合，实现油、套管与地面之间液流换向。仅适用于 31/2" 油管连接。

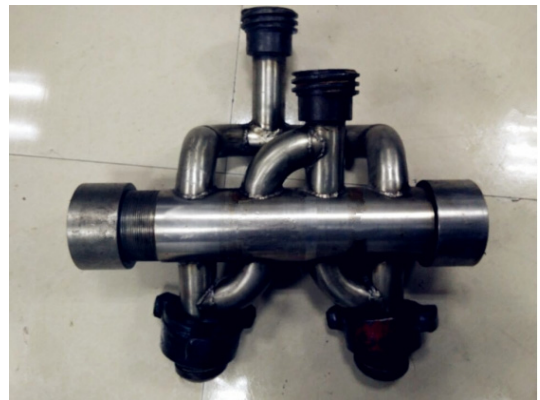


图3 地面三通阀

控制地面液流方向的转换。



图4 地面正反调控阀组

控制正、反冲砂方式的转换。



图5 井下正反冲砂器

用于不同尺寸套管、不同冲砂方式的射流冲砂器。

2.3 典型井例

辽河油田深井及水平井压裂后,使用油井连续、正反一体化冲砂装置返排压裂砂施工案例:① 马古 6-6-14c 井,人工井底 4548m,目前油层中部压力 17.18MPa,低于饱和压力 22MPa,历次作业均有不同程度漏失,压裂后,作业队下探砂管柱带入 $\phi 73\text{mm}$ 笔尖,遇阻深度 H: 4500.17m,连续探砂三次,深度不变。用 $\rho: 1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 清水常规正、反循环冲砂, P: 7MPa/IV,无进尺,井筒内砂子无法返出到地面。

2013 年 11 月 1 日,使用连续、正反一体化冲砂装置进行冲砂作业。冲砂管柱前端安装正冲砂器。泵车 700 型 $\times 2$, P: 13MPa,洗井液 $\rho: 1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 清水。经过 6 个小时的连续冲砂作业,充分循环至进出口液性一致,返砂约 0.42m^3 ,冲砂井段: 4500.17m-4548m。

2.4 工艺特点

(1) 设计: 利用优化的研究成果,可根据冲砂的施工目的,油井的类型(油井的井斜角度),井深,砂粒直径等进行设计。确定冲砂方式(连续正冲砂/连续反冲砂),优化冲砂管柱结构,设置相应的前端冲砂器具,确定冲砂工艺参数和施工程序,使冲砂作业有坚实的理论依据。

(2) 高效: 根据不同油井设计的施工工艺参数,在确保冲砂液有效携砂上返的前提下,有效地提高各项操作环节的冲砂工艺参数,提高冲砂效率及冲砂效果。

(3) 安全: 根据油井的施工设计,在冲砂液有效携砂的前提下,充分发挥装置自身潜力和地面泵车能力,不仅确保了自身装置的安全性能,同时也确保了连续冲砂作业的施工安全。

3 FLC 型连续冲砂装置

3.1 工艺原理

在以往的冲砂作业中,接(倒)单根时需停泵作业,由于受操作者熟练程度及外界环境等因素影响,该作业过程时间长短无法预计,这样一方面影响了冲砂的质量,另一方面也增加了卡井的几率。由沈阳蓝天科技发展有限公司研制生产的系列连续冲砂装置有效地解决了上述问题,目前生产有 SLC 型以及

FLC 型两种型号产品,在已推广的油田使用,效果良好。其中 SLC 型为进液三通换向阀式正向连续冲砂装置,FLC 型为进液无阀式反向连续冲砂。

当油管已下至砂层时,先将井口导具接于井口油管母扣端,卸下导具上接头,再将已装好的井口自封总成抬到井口上(先装井口钢圈),即悬座于井口导具上,确定好出口方向,再旋紧卸下的上接头,装吊卡于井口导具,提升吊卡,卸下部吊卡,下落井口导具,用井口螺栓将井口自封总成与井口四通固定,再次提升吊卡,当油管接箍提升至井口自封以上时,装上另一个吊卡,并座于井口自封上,卸下井口导具。

将转换节总成逐个接于所需油管母扣端,并检查各转换节安全环是否安装,卸下安全环。用管线将井口四通一侧出口与水泥车相连,井口自封总成侧出口用管线与水池相连,再用一个带冲砂弯头的水龙带,与第一根带转换节总成的油管相连。接好第一根带转换节总成的油管后开始冲砂作业,转换节总成的数量由预先探得的砂层厚度决定。

在冲砂作业过程中,水泥车提供的高压冲砂液先经井口四通,由油套环空压至砂层,再由油管返至井口,经顶部水龙带进入水池,实现正常冲砂作业。当需要接单根时,吊卡座于自封总成上,转换节密封套受自封胶芯摩擦阻力影响,与转换节主体发生错位滑动,转换节侧孔打开,部分冲砂液经转换节至井口自封总成通道,再进入自封侧孔,由管线至水池。旋下冲砂弯头,转换节单流阀自动关闭。将冲砂弯头接下一根油管上,其上部的转换节单流阀自动打开,提升吊卡,接第一根油管,转换节单流阀自动打开,冲砂液再经顶部水龙带进入水池。提升吊卡足够高,使密封套露出井口自封,此时密封套复位,转换节实现密封,主体的锁销弹出,使密封套自锁,无论转换节上下怎样运动,密封套始终处于密封状态。下放吊卡,重复以上过程,实现不停泵连续冲砂作业。

3.2 结构组成

FLC 型主要由三部分组成:井口导具、转换节总成和井口自封总成。技术参数工作压力: 21MPa,最小通径: $\phi 40\text{mm}$ 。

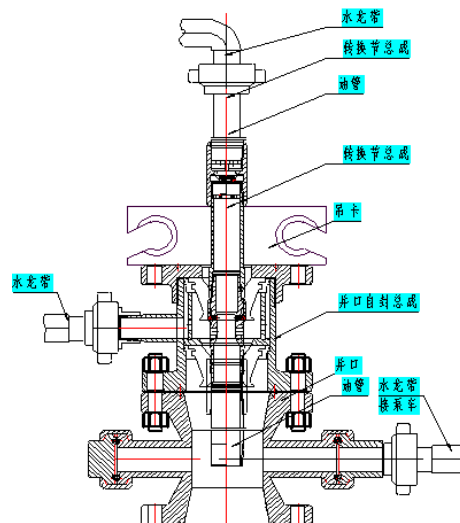


图6 FLC 型连续冲砂装置结构组成示意图

3.3 工艺特点

(1) 结构简单, 操作方便, 进液无换向, 不停泵不憋压, 实现了真正意义上的连续冲砂, 降低了冲砂时间, 且井口自封还具有刮油功能。

(2) 选用吊卡必须与转换节提升短节相匹配, 否则当吊卡座于井口自封总成上时, 转换节总成侧孔通道不能含于两自密封胶芯之间, 导致水泥车憋压, 不能实现正常冲砂作业。用户需要此产品时, 必须提供所用吊卡及油管规格(高度、孔径)。

(3) 在安装井口自封总成时, 自密封胶芯无方向性, 切勿忘装密封圈, 旋紧上压盖, 否则导致作业失败。在提升或下放管柱时, 速度不宜过快, 否则将影响胶芯使用寿命。

(4) 转换节总成在使用后必须拆卸清洗, 检查密封圈是否损坏, 并及时更换。总成外表面必须保持光滑, 如有划伤及时修整, 否则直接影响自密封胶芯使用寿命。拆密封套时, 压缩自锁销, 推出密封套即可。安装时, 先安装转换节安全环, 然后同样压缩自锁销, 推动密封套, 使自锁销含于密封套孔内(密封套止口与自锁销同侧), 并使密封套贴靠于安全环, 待下次冲砂时使用。

3.4 工艺特点

(1) 对提高冲砂施工效果和施工效率、延长油井生产周期、增加原油产量有重要作用, 还可进行冲砂收油。

(2) 冲砂过程中不停泵, 可以有效避免因为接单根停泵而造成的砂卡管柱事故。

(3) 冲砂管上部不用接冲砂活动弯头和高压水龙带, 能够降低工人的劳动强度, 提高施工效率, 同时有利于安全生产。

(4) 冲砂液自动换向, 不需要任何控制, 施工简单。

4 捞砂工艺技术

捞砂工艺技术可分为软捞砂和硬捞砂两种类型。

4.1 软捞砂工艺技术

4.1.1 软捞砂系统构成、工艺原理

4.1.1.1 系统构成

软捞砂技术适用于地层压力较低、不能建立循环冲砂作业的油井。使用的主要设备和工具包括: 捞砂车、起下系统、井架、监控系统、捞砂工具等。

4.1.1.2 工作原理

利用捞砂绞车、井架和井口滑轮组, 将与钢丝绳连接的捞砂工具下到井底, 采用传感器检测工具的下井深度, 采用机械抽汲与顿击技术冲击砂面, 在抽汲负压和井内压力的共同作用下, 使井内松散的砂子进入储砂筒, 经过一段时间的顿击、抽汲, 使进入储砂筒的泥砂被单流凡尔挡在储砂筒内, 并随捞砂工具一起提出井口。井内积砂多, 可重复捞砂, 直到捞净为止。

4.1.2 应用实例

曙 1-48-更 30 井, 起原井管柱时发现泵上一根油管内有砂, 下捞砂笔尖+翻板不经过上下顿击抽吸, 捞砂进尺 45m, 提出全部捞砂管, 捞满储砂管 10 根。接着重复下入同样的捞砂

管柱进行顿击式抽吸捞砂, 进尺 41m, 捞出细粉砂约

0.65m³, 捞砂较彻底。

4.1.3 软捞砂技术的主要优点:

(1) 清砂较彻底, 可延长油井的生产时间, 增加油井产量;

(2) 捞砂作业时间较短, 可提高作业时效, 增加创效能力;

(3) 捞砂可避免冲砂液漏失造成的地层堵塞污染, 利于提高原油采收率;

(4) 捞砂作业可以节省大型设备使用费用, 降低修井成本;

(5) 捞砂可减轻工人起下冲砂管柱的劳动强度。

4.2 硬捞砂工艺技术

硬捞砂工艺技术适用于地层压力较低、不能建立循环冲砂作业, 并且井筒积砂较多、砂柱较高的油井。

4.2.1 硬捞砂系统构成、工艺原理

该技术使用的主要设备及工具是: 作业机、井架、油管自封和抽砂泵。硬捞砂管柱结构(自上而下): 笔尖底阀+油管柱+抽砂泵+油管至井口。作业施工时, 将抽砂泵连接在带有笔尖底阀的管柱中间, 通过不断提放上部管柱, 使砂子不断地被吸入到下部管柱内, 砂面不断下降, 同时井口继续接入油管。油管柱下到预计位置时, 说明砂子已经全部被吸入到下部管柱中, 然后起出全部管柱, 完成一趟管柱捞砂作业。

4.2.2 硬捞砂泵现场应用实例

注 13-27 井, 硬捞砂管柱自上而下为笔尖底阀+TBG 油管 x83 根 x789m+CB-

TH-70 抽砂泵+TBG 油管至井口。下油管带抽砂泵一套, 实探砂面深度为 1110m。在遇阻位置开始进行上下往复抽吸, 接单根, 连续抽砂约 50min 后, 抽砂进尺达井底即 1262m, 起出抽砂泵及笔尖底阀, 捞出约 2.20m³, 其余为稠油及其它杂质。

4.2.3 硬捞砂技术的优点:

(1) 捞砂工艺简单易操作而且安全可靠, 捞砂彻底;

(2) 捞砂时井筒内的原油不出井筒减少了资源浪费;

(3) 捞砂作业不污染地面、不伤害油层, 可延长井的生产周期, 提高经济效益。

(4) 硬捞砂技术的适应性强, 它即使对于井斜达 20°~30°的井, 也不易发生砂卡事故。

(5) 本文针对漏失井和地层压力低不能建立循环冲砂的井分别提出了用双封隔器管

(6) 柱冲砂技术和捞砂技术, 现场应用都取得了较好效果。在实际生产中, 针对不同井况, 我们还需因地制宜, 采取有针对性的措施, 才能安全、高效地解决生产难题。

[参考文献]

[1]屈艳飞孙雨程世伟, 等。石油钻采工艺。2011.11。

[2]郭学春稠油井下作业技术及新进展。2008。