

稠油井热采分注工艺技术与应用探究

温颖

(中石化胜利油田分公司现河采油厂草西草东管理区 山东 东营 257000)

[摘要]稠油井注汽采用一口锅炉对应注多口井,采用该项技术可以解决注汽时井与井之间配汽不均的问题,特别是在两口或多口注汽井之间渗透率差异相对较大的情况下,采用该项技术可以提高注汽效果,对于符合该条件的新井来说,较早的在新井之间使用该技术配汽,可以延长部分新井串通周期,改善井内注汽环境,提高采收率。

[关键词]浅井薄夹层;稠油;热采;分层注汽

[DOI] 10.1252/j.issn.2096-627X.2021.10.1871

稠油油藏的特点是油层较浅(一般在200m左右)、较薄、夹层较小、原油较稠。通过分层注汽,对高渗透层、吞吐效果好、动用程度高的油层限制其注汽量,对低渗透层、吞吐效果差、动用程度低的油层增加其注汽量,提高低渗透层动用程度,减少高渗透层热损失,对提高原油产量,降低采油成本,提高经济效益具有重要的意义。

一、热采分注工艺技术

(一) 分层注汽管柱的设计

将Y341注汽封隔器的设置在各油层单元之间,实现油层单元的封堵,把高渗透层与低渗透层有效分开;通过控制配注器配汽嘴的大小,实现单元油层注汽量的控制,达到分层按需注汽的目的;偏心球座设置在对应油层中部,注汽时处于关闭状态,开抽后,处于打开状态;安全接头紧接封隔器,作用是在起管柱时,如果出现意外砂卡,可以通过安全接头实施管柱脱开,然后通过脱开管柱冲砂,冲完砂后打捞注汽封隔器以下部分。

(二) 配注器配汽嘴的设计

稠油井分层注汽技术的关键之一,在于配注器配汽嘴的设计,它直接影响各注汽单元的注汽量及油井的整体注汽效果。要准确地计算出配汽嘴孔径的大小,首先应了解湿蒸汽的压力、温度及干度沿井筒的变化规律,确定出每一给定层位的吸汽压力、吸汽量等参数。根据所分层数、地层压力及设计注入量的要求,通过稠油热采分层注汽软件对汽水两相流体流经配汽嘴的能量分析,计算出配汽嘴的孔径。

(三) 封隔器耐高温密封问题

耐高温密封问题是该项技术关键。主要通过石墨密封件作为环空密封材料,其耐高温能力强,可达400℃以上,且密封性能好;采用双重密封措施,即在移动活塞等多密封处,不仅采用橡胶盘根密封,而且采用石墨密封环和紫铜片密封,橡胶盘根密封主要用于封隔器液力坐封,当高温注汽时,橡胶盘根炭化,失去密封作用,此时,石墨密封环和紫铜片则发挥其有效密封作用;简化工具结构设计,大幅度减少了高温密封点,如设计的Y341注汽封隔器,其密封点总数为5个,与同类型封隔器——热采封隔器(密封点总数为10个)相比,其密封点减少了50%。组成及工艺原理浅井、薄夹层稠油井热采分层注汽工艺技术主要由稠油泵、Y341注汽封隔器、配注器I、配注器II、偏心球座、安全接头、伸缩管等组成。分层注汽就是针对油井各小层油层物性的差异,将油层物性相近的小层划分为一个注汽单元,各注汽单元之间用注汽封隔器封隔,采用配汽嘴对各单元进行定量注汽,使各油层均衡吸汽,其工艺过程包括以下几方面:

(1) 根据各小层的油层物性,划分注汽单元,根据各注汽单元的油层物性,设计其蒸汽注入量;或者根据油井上周期注汽参数(注汽压力、蒸汽干度、蒸汽流量)及本周期油井计划注汽量,设计各单元的配汽嘴孔径及数量;(2) 利用注汽封隔器将各注汽单元封隔,防止蒸汽在各注汽单元之间的互窜;(3) 通过配注器对各注汽单元进行定量注汽,达到既动用中、低渗透层,又发挥高渗透层剩余能量的目的。具体操作如下:

通过稠油热采分层注汽软件对油井地层情况(渗透率、饱和度、油层深度等多参数)进行分析,设计出相应层位的注汽量和配注器的孔径及数量,或者根据油井吸汽剖面测试结果,由地质分析人员确定出各个油层的注汽量,然后再通过稠油热采分层注汽软件设计出各层位配注器的孔径及数量。根据设计结果,更换配注器器嘴后,组配成分层注汽管柱,按设计图下入注汽管柱,到位后通过地面泵液力坐封;之后,投球打开配注器,完成注汽管柱下入作业,便可注汽。在注汽过程中,由于各个层位的配注器器嘴数量不同,有效控制了流入各层位的注汽流量,达到分层配汽的目的,并实现不动管柱转抽。

(四) 技术特点

(1) 针对生产实际,研制了分层注汽生产管柱,从分层注汽到生产转抽采用一趟管柱。也就是,分层注汽工艺实施完成后,可以实现不动管柱直接转入生产,即分层注汽管柱与生产管柱合二为一,减少了分层注汽管柱转成生产管柱的工艺过程,减少了作业工作量,同时也减少了作业过程中的热能浪费。

(2) 该项技术采用液力式封隔器,封隔器坐封不受温度限制,适合河南油田注汽现状。在工具结构设计中,针对稠油热采井套管多变形的特点,特别注意了工具的结构简化,大幅度的缩短了工具设计长度(最长的工具长度0.84m),解决了因套管变形造成工具无法下井的问题,也适应了注汽井油层隔距小的特点。

(3) 采用了双重密封措施。关键技术是要解决好封隔器耐高温密封问题。为此,采取了两项措施,其一:选用石墨密封件作为环空密封材料,其耐受温度能力强,可达400℃以上,且密封性能好。其二:在移动活塞等多密封处,不仅采用橡胶盘根密封,而且采用了石墨密封环和紫铜片密封,橡胶盘根密封主要用于封隔器液力坐封,当高温注汽时,橡胶盘根炭化,失去密封作用,此时,石墨密封环和紫铜片则发挥其有效密封作用,通过该两项措施,有效解决了高温密封问题。

(4) 工具结构设计简单,大幅度减少了高温密封点。为了减少注汽漏失点,在满足技术要求的前提下,工具结构设计特别注意结构的简化,漏失点的减少。

(5) 该项技术配注器采用压差式打开方式,打开压力大小通过剪切销钉控制,当封隔器坐封时打开,不需要投球,工序简单,设计合理,不存在无法打开的隐患,上配注器是在下配注器打开的基础上投球打开,不存在死腔问题,具有安全可靠的特点。其次,管柱设计中充分考虑了油井出砂造成砂卡的可能,采取了防范措施,对意外砂卡,可以先脱开管柱,然后采用冲砂方式解决,防止管柱无法起出。由此可见,该工艺不论是封隔器的坐封,还是配注器的打开以及对付砂卡问题与同类型工具或工艺比较,均显示出了简便、安全可靠的特点。现场试验及效果分析

二、配套工具研究改进

(一) 改进封堵工具性能

1. 改进封隔器性能,完成新型堵水封隔器研制

针对常规堵水封隔器在小井眼等大斜度井出现难以坐封, 易导致堵水管柱失效的问题。主要完成了以下两类封隔器的改进, 形成了独特设计: (1) 改进Y341封隔器: 由中心管、胶筒, 坐封解封机构组成, 主要做了四方面改进:

①改进胶筒: 采用新型高硬度耐磨复合型橡胶材质, 使其硬度提高3-5度, 胶筒韧性得到很好改善, 改良后胶筒有足够的硬度, 弹性好。②改进承压活塞: 改进了封隔器锥环承压活塞, 提高了封隔器胶筒在大斜度井的密封效果。③改进锁紧结构: 采用细牙锁紧设计, 确保坐封可靠④两端设计两个专用扶正器: 通过在封隔器两端设计两个专用扶正器, 一是解决了液压式封隔器在通过大斜度段时的防偏磨问题; 二是可保证小直径封隔器在水平井水平段的坐封稳定性。

2. 改进Y211封隔器

为了将堵水管柱顺利下入到大斜度和水平段并使封隔器顺利坐封, 我们对其做了以下四点改进。改进了Y211封隔器坐封机构, 增大了导轨转向角度, 采用稳定性较好的双换轨销钉结构, 保证封隔器在大斜度井段顺利坐封; 改进了Y211封隔器胶筒,

3. 设计新型导流管

设计的新型导流管, 自带侧向进液口, 封隔器坐封后, 通过进液口使封隔器上下的环套空间互相连通, 从而解决了小井眼油井常规机械堵水无法掺稀油、洗井等问题。从而延长生产周期, 恢复该类油井的产能发挥。

(二) 配套可堵水管柱

通过配套封堵管柱与生产管柱一体化的双管柱结构, 在实现堵水工作有效封住漏点的同时, 渗液可以通过双管结构流入井下。

1. 配套了小井眼可掺洗式机械堵水技术

通过研制小直径高强度Y221-102封隔器, 配套采用 $\Phi 88.9\text{mm}$ 特种无接箍非标油管(其接箍外径 $\Phi 102\text{mm}$, 内径 $\Phi 78\text{mm}$)、 $\Phi 60\text{mm}$ 油管和小外径抽油泵, 形成双层管柱结构, 创新使用大小封隔器组合封堵漏点, 建立新的循环通道, 解决了超稠油小井眼常规机械堵水后无法掺稀油、洗井等生产难题。

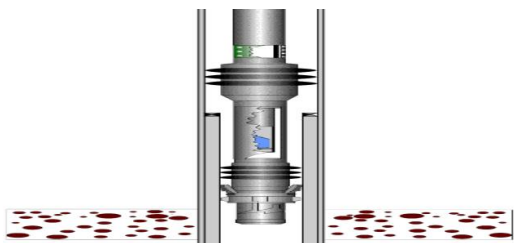


图1 可掺洗式机械堵水管柱示意图

(1) 管柱结构设计

主要由大通径Y111-152封隔器、Y221-102封隔器、导流管、 $\Phi 88.9\text{mm}$ 无接箍油管、 $\Phi 60\text{mm}$ 油管及配套空心导锥等组成。

(2) 工作原理

将大通径Y111-152封隔器下至悬挂器位置以上, 将Y221-102封隔器下至悬挂器位置以下, 两封隔器之间用 $\Phi 88.9\text{mm}$ 无接箍油管连接, 中间用若干 $\Phi 60\text{mm}$ 油管连接小外径抽油泵穿过, 形成双层管柱结构。Y111-152封隔器的上部连接导流管, 这样在 $\Phi 88.9\text{mm}$ 油管与 $\Phi 60\text{mm}$ 油管之间有可通过流体的环形空间, 封隔器坐封后, 在封堵漏点的同时两个封隔器上下的套管又互相连通, 从而解决了超稠油组合套管井机械堵水无法掺稀油、洗井等问题。

(3) 配套工具研制

①大通径Y111-152封隔器

常规 $\Phi 177.8\text{mm}$ 套管使用的Y111-152堵水封隔器内径为 $\Phi 76\text{mm}$, 无法实现封隔器过泵和掺油的要求, 因此, 必须加

大封隔器内径, 即能过泵生产, 又能形成一定环空掺油。在常规封隔器基础上, 配套了内径为 $\Phi 100.3\text{mm}$ 的大通径Y111封隔器, 解决了封隔器过泵、掺油的难题。a、结构组成: Y111-152封隔器主要由上接头、中心管、调节环、隔环、坐封体、下接头和胶筒组成。b、技术参数: 最大外径: $\Phi 150\text{mm}$; 最小内径: $\Phi 100.3\text{mm}$; 座封力: 4-6t。工作压力: 25MPa; 解封负荷: 3KN

②小直径高强度Y221-102封隔器研制

小井眼多功能管柱设计双层管柱结构, 若堵堵跨度大, 采用双管柱负荷会大幅度增加, 要求小直径封隔器具有一定强度。经讨论后决定在常规Y221封隔器基础上, 对封隔器卡瓦材质进行了优化, 采用40CrMnMo, 调质后表面高频淬火, 提高齿牙硬度至HRC50-55, 低温回火消除应力, 保障卡瓦的力学强度, 确保封隔器及管柱安全可靠。a、结构组成: Y221-102封隔器主要由上接头、中心管、调节环、隔环、锥体压盖、锥体、卡瓦、卡瓦座、扶正座、扶正体、滑环、滑环套、下接头等组成。

2. 配套水平井可掺式机械堵水管柱

(1) 管柱结构设计: 主要由大通径Y211-210封隔器、Y341-133封隔器、导流管、 $\Phi 114\text{mm}$ 无接箍油管、换向滑套开关、丝堵等组成。(2) 工作原理: 将大通径Y211-210封隔器下至悬挂器位置以上, 将Y341-133封隔器下至水平段光管处, 两封隔器之间用 $\Phi 114\text{mm}$ 平式油管和 $\Phi 73$ 倒角油管连接, 将 $\Phi 73\text{mm}$ 油管连接抽油泵下入 $\Phi 114$ 油管, 形成双层管柱结构。Y211-210封隔器的上部连接导流管, 这样在 $\Phi 114\text{mm}$ 油管与 $\Phi 73\text{mm}$ 油管之间有可通过流体的环形空间, Y211-210封隔器坐封后, 反打压, 当压力达到13MPa时, Y341-133封隔器坐封, 继续打压, 换向滑套开关打开, 上下管柱连通, 进行生产。在封堵漏点的同时两个封隔器上下的环套又互相连通, 从而解决了水平井机械堵水无法掺稀油、洗井等问题。

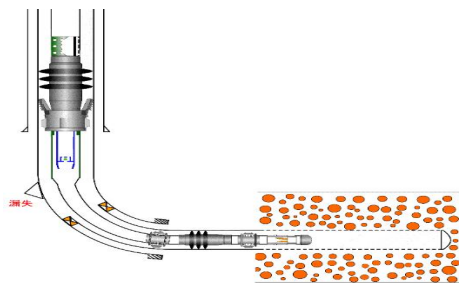


图2 水平井组合套管可掺式堵水管柱示意图

针对油稠, 后期需掺液等需求, 共使用小井眼、水平井等可掺堵水管柱32井次, 均实现了封隔器上下油套环形空间连通, 解决了稠油小井眼常规机械堵水后无法掺稀油、洗井等生产难题。

三、结论及建议

(1) 室内高温油浸试验和现场试验证明, 分层注汽所用封隔器封堵性能达到了设计要求; (2) 在高温四参数测试仪协助下, 通过对同一口井相同条件下笼统注汽和分层注汽效果测试结果对比证明, 该技术分层注汽控制汽量效果明显(调节汽量达到20%以上); (3) 研制的分层注汽软件的设计通过定性分析和现场试验测试证明是合理的, 能够有效指导分层注汽的有关设计; (4) 配注器设计合理, 打开自如, 使用可靠; (5) 浅井、薄夹层稠油井热采分层注汽工艺技术除了可以应用于符合其选井条件的油井外, 该技术可以在井与井之间的合理配汽方面发挥作用。

参考文献

- [1] 黄亮, 石军太, 李彦尊, 等. 稠油油藏热采水平井均衡采油新方法[J]. 油气地质与采收率, 2016(02): 115-120.
- [2] 赵修太, 付敏杰, 王增宝, 等. 稠油热采堵体系研究进展综述[J]. 特种油气藏, 2013(04): 1-4+151.