

Evaluation of Field Application effect of Wax removal and Prevention Technology

Dabing Ma¹, Biao Ma², Zhongliang Li³, Dong Zhao⁴

Abstract

The crude oil in Sichuan is a light oil with high wax content. In the process of exploitation, the wax originally dissolved in the crude oil is precipitated from the crude oil and adsorbed on the wall of the oil pipe with the decrease of temperature and pressure. After the oil pipe is wax, the aperture of the oil pipe is reduced, the oil flow resistance is increased, the production of the oil well is reduced, and the oil well is blocked when the oil pipe is serious. Therefore, it is necessary to study the formation mechanism and the influencing factors of the oil well "wax", and to find a more reasonable way to solve the problems of oil well production in combination with the field application effect evaluation, so as to ensure the normal production of the oil well.

Taking the typical oil wells in the southern operation area as an example, this paper evaluates the application effect of different wax removal and prevention technologies in the oil well production in this block, and finally optimizes the wax removal and prevention technology suitable for the oil well production in this area to ensure the normal production of the oil wells.

Keywords

oil well wax removal

清防蜡工艺技术现场应用效果评价

马大兵¹, 马彪², 李忠良³, 赵东⁴

¹中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司川中油气矿南部采油气作业区, 四川 南充 637000

²中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司川中油气矿培训中心, 四川 遂宁 629200

³中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司川中油气矿工艺研究所, 四川 遂宁 629200

⁴中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司川中油气矿培训中心, 四川 遂宁 629200

[摘要] 川中原油属于含蜡量较高的轻质油, 油井在开采过程中, 随着温度和压力的下降, 原来溶解在原油中的蜡会从原油中析出并且吸附在油管壁上。油管结蜡以后, 缩小了油管孔径, 增加了油流阻力, 使油井减产, 严重时会把油井堵死。因此, 我们有必要对油井“蜡”的形成机理以及影响因素等进行研究, 结合现场应用效果评价, 寻求更加合理的方法解决油井结蜡影响油井生产的问题, 从而确保油井正常生产。

本文以南部作业区典型油井为实例, 通过对不同清防蜡技术在本区块油井生产中的运用效果评价, 最终优选适合本区块油井生产的清防蜡技术, 确保油井正常生产。

[关键词] 油井 结蜡 清防

[DOI] 10.18686/gcjsfz.v1i3.518

1 油井结蜡机理及影响因素

1.1 蜡的定义

蜡是凝固点一般在 40℃以上的原油, 且多半是石蜡。凡是碳氢化合物分子量是在 C16H34 到 C64H130 之间的烷

烃称石蜡。石蜡的密度为 0.907--0.915。随着温度的不同, 石蜡具有气体、液体、固体三种状态。油井结的蜡是含有石蜡和少部分的胶质、沥青和泥砂等杂质的混合物, 多呈黑褐色或者深褐色。

1.2 油井结蜡原因

在油层高温高压的条件下,蜡能溶解在原油中。当原油流入井筒后,再从井底上升到井口的流动过程中,其压力和温度逐渐降低,当温度和压力降到蜡析出点时,蜡即从原油中析出。蜡刚从原油中析出的温度称为初始结晶温度或析蜡点,它与原油性质有关。蜡析出粘附在油管壁上,使油井井筒结蜡。

1.3 影响油井结蜡的因素

(1) 原油性质与含蜡量对结蜡的影响:原油中轻质馏分越多,熔蜡能力越强,析蜡温度越低,越不容易结蜡。

(2) 温度对结蜡的影响:当温度保持在析蜡温度以上时,蜡不会析出,就不会析蜡,而温度降到析蜡温度以下时,开始析出蜡结晶,温度越低,析出的蜡越多。

(3) 压力对结蜡的影响:当原油生产过程中,井筒内压力低于原油饱和压力时,溶解在原油中的气相从原油中脱出,一方面降低了原油中轻组分的含量,使原油溶解蜡的能力降低。同时,气体膨胀带走了原油中的一部分热量,引起原油自身温度降低,更促进结蜡。

(4) 流速对结蜡的影响:增大原油的流速,原油的冲刷作用增强,析出来的蜡不易沉积在管壁上,同时由于流速增大,原油在结蜡管中停留时间下降,从而减缓了结蜡速度,结蜡量下降。

(5) 原油中胶质和沥青质对结蜡的影响:随着胶质含量增加,析蜡温度降低,胶质本身是活性物质,可以吸附在蜡晶表面,阻止蜡晶长大。而沥青质是胶质的进一步聚合物,不溶于原油,呈极小颗粒分散于原油中,对蜡晶起到良好的分散作用。但是,有胶质沥青质存在时,沉积的蜡强度明显增加,不易被油流冲走,又促进了结蜡。

(6) 油中的机械杂质和水对结蜡的影响:机械杂质和水的微粒都会成为结蜡核心,加速结蜡。

(7) 生产方式对结蜡的影响:随着循环间隔时间的增加,结蜡量也增加。且循环间隔时间越长,结蜡量的增加幅度也更大。

1.4 油井结蜡对生产的影响

含蜡油井的结蜡问题几乎是不可避免的,根据油井可能结蜡的部位,在油气开发和输送过程中,石蜡沉积的危害主要表现在以下三个方面:

①油藏多孔介质中的石蜡沉积:

一旦投入开发生产,油藏流体和储层多孔介质处于热力学平衡状态就遭到破坏,油藏流体中的重质有机物如石蜡从原油中析出和沉积。

②地下、地面生产设备的石蜡沉积

在生产设施中的石蜡沉积,增大了流体流动的压力梯度,大大降低生产油管的利用率,导致油井产量下降,这已被证明是影响油气最终采收率的重要因素。此外,油藏流体中的石蜡沉积还会引起地下及地面设备的操作问题,如在井筒、生产流动管线、井口设备、分离器及贮罐中都可能发生故障。

③集输和加工设备中的石蜡沉积

在集输管线、加工设备及炼油设施中也经常发生石蜡沉积。地面设备中的结蜡主要是由于较低的流体温度引起的。

2 油井清防蜡现状

目前,国内外学者对清防蜡工艺技术进行了研究,形成了多系列清防蜡工艺技术:(1)机械清蜡技术;(2)化学清防蜡技术;(3)热力清蜡技术;(4)电磁清防蜡技术;(5)微生物清防蜡技术;(6)合金清防蜡技术;(7)声波防蜡技术。

2.1 机械清蜡

将清蜡工具下入井内,刮除油管壁上的蜡,并靠液流将蜡带至地面。在自喷井中采用的清蜡工具主要由刮蜡片、清蜡钻头、步进式清蜡器,尼龙刮蜡器等。

2.2 化学清防蜡

通常将药剂从油套管环形空间注入,不影响油井正常生产和其它作业,除可以收到清防蜡效果外,使用某些药剂还可以收到降凝、降粘和解堵的效果。在使用防蜡剂之前,必须先采用清蜡手段彻底清蜡,这是纯防蜡剂的缺点。而清蜡剂只能将已结之蜡清除,并不能抑制结蜡的继续发生。所以以防为主,清防结合是清防蜡方向。

2.3 热力清蜡

热洗清防蜡技术是利用热能提高井筒流体温度达到清防蜡的一种方法,通过井筒加热达到降粘降阻的目的。

2.4 电磁清防蜡

磁防蜡是一项原油防蜡新技术,其主要原理利用交变电流产生高强度磁场或高性能稀土永磁材料作为磁能体,建立一个稳定的强磁场,使原来分子之间存在的吸引力(结晶色散力)在一定时间内变成相互排斥的力,保持相对运动,不靠近、不结合,以单晶体游离态存在,不会结晶,从而达到防蜡的目的。在矿场上应用的磁防蜡器主要有两种类型:一种是内磁式结构;另一种是外磁式结构。

2.5 微生物清蜡技术

微生物清防蜡就是利用其活性,将原油中饱和碳氢化合物、胶质沥青质降解,降低原油中的含蜡量,从而抑制石蜡的沉积。几乎所有的结蜡油井都适用微生的处理。

2.6 合金防蜡器

中科院金属研究所研制出的一种功能性合金,该合金的属性具备很强的静电催化活性。此作用下,液体(水或油)的组分发生某些改变,从而使液体的一些特性发生变化。

2.7 声波防蜡

声波防蜡技术的基本作用原理与声波相同。主要是利用其机械作用和空化作用及声波的热作用。

3 清防蜡技术现场应用及效果评价

3.1 原油物理性质

侏罗系油藏原油密度在 0.80g/cm^3 左右,粘度为 $19\sim 43\text{mPa}\cdot\text{s}$ (室温、 $170\text{s}-1$),凝固点 $20.5\sim 24.5^\circ\text{C}$ 。综合看,原油为低粘度的轻质油。

原油的含蜡量为 $16.5\%\sim 25.7\%$,属于中等含蜡量的原油。

沉积物中的蜡含量都比较高,且蜡含量越高的沉积物,低于 250°C 的馏分含量反而越小,可见这些溶蜡点高的沉积物中,高沸点的长碳链烃类相对含量比较多。

析蜡点在 $45\sim 49^\circ\text{C}$ 之间,结合全烃及组分分析,原油中高碳含量越高,蜡越容易析出,析蜡点温度也越高。

3.2 川中清防蜡技术

川中油井清防蜡技术的发展大致可分为三个阶段:

第一阶段(1956年~八十年代初):此阶段,油田处于开发早期,龙女寺油田、桂花油田、广安油田等油田先后投产。早期自喷井采用麻花钻头清蜡为主,机抽井则采用热油正循环洗井、挤轻质油清蜡和检泵除蜡。

第二阶段(八十年代初~2000年):80年代初以来,八角场油气田、中台山油田、金华油田、公山庙油田、莲池

油田等先后投产,生产井数的急剧增多,大量生产井出现结蜡。在不考虑成本和污染地层的条件下,油井以机械清蜡为主,热油正反洗井和挤轻质油为辅;机抽井采用检泵的方式来清蜡,或几种工艺配合使用,以达清蜡最好效果。

第三阶段(2000年~目前):此阶段继续以机械清蜡为主,热油正反洗井和挤轻质油为辅;机抽井采用检泵的方式来清蜡,或是几种工艺配合使用的清防蜡工艺措施。

3.3 清防蜡工艺技术现场应用效果评价

3.3.1 电磁防蜡技术现场应用效果评价

公 003-H16 效果分析:

该井 2013 年 5 月安装脉冲式电磁防蜡器,到目前运行正常。通过取样分析,降低了析蜡点 3℃,降粘率 21.05%、结蜡减少 14.45%,达到了降阻降粘目的。该井月清蜡次数由原来 3 天一次改变为 5 天一次,目前已按该制度运行 1 个多月,生产一切正常,说明了通过安装该仪器达到了降阻降粘、延长清蜡周期的目的。

公 47 效果分析:

该井于 2013 年 11 月安装电磁防蜡器,目前运行正常。通过取样分析,降低了析蜡点 2.8℃,降粘率 13.64%、结蜡减少 22.2%,达到了降阻降粘目的。经过与矿场技术人员交流,拟定该井月清蜡次数由原来 15 天一次改变为 20 天一次,已按该制度运行 1 个月,生产一切正常,说明了通过安装该仪器达到了降阻降粘、延长清蜡周期的目的。

电磁防蜡技术在公 003-H16 和公 47 井应用效果来看,对于延缓结蜡程度取得了一定效果,建议对于新投产新井增建电磁防蜡工艺流程,延缓井筒结蜡。

3.3.2 化学清防蜡技术现场应用效果评价

公山庙油田最早采用防蜡降黏剂 AE1910 进行油井的清防蜡,从 1997 年开始在公山庙油田试验使用江汉生产的 BJ 系列的 BJ-D7、BJ-6 清防蜡剂,并辅以山东生产的 QF-8、JQ-005、CY-1 等油基清防蜡剂。

3.3.3 机械清蜡技术现场应用效果评价

机械清蜡是目前采用的主要清防蜡方法,清蜡过程中先放小钻头(53mm)(不超过 50m/min),第一次清蜡至 300 米后停留 5-10 分钟再上起麻花钻头,进行喷蜡后再换大钻头(57mm)进行第二次清蜡,缓慢下放钻头(不超过 50m/min),第二次清蜡一般在 600-800 米,停留 5-10 分钟再上起麻花钻头。清蜡周期根据各井原油结蜡程度以及油产量高低而确定。

公 57 井机械清蜡解堵技术现场应用效果评价

2014 年 3 月,该井产量呈逐日递减趋势, Pcs13.3 ↑ 14.4MPa, Pts5.7 ↑ 6.7MPa, Pcf13.2 ↑ 14.3MPa, Ptf4.0 ↓ 2.6MPa, 日产油 3.4 ↓ 2.4t。2014 年测压多次遇阻。

井筒生产异常原因分析:

(1) 该井 2014 年测压在 815-831m 处遇阻说明井筒内有堵塞;

(2) 井口压力变化分析:套压上升、关井时油压下降,说明井筒有节流现象;判断产量下降原因为该井深度积蜡严重导致井筒油流通道不畅;

(3) 该井选用的生产油嘴为 3.9mm,用于喷蜡会出现喷蜡不彻底的现象,从而导致在蜡在井筒内堆积。

解决方法:先后于 2014 年 5 月 16 日和 5 月 19 日采用 53、57mm 麻花钻进行了 2 次深通清蜡解堵作业,下至 900m 处,顺利通过积蜡点。成功解除井筒积蜡,恢复生产。

作业效果:2014 年 5 月解堵后,该井产量有所恢复。 Pcs14.4 ↓ 14.0MPa, Pts6.7 ↓ 6.4MPa, Pcf14.3 ↓ 13.9MPa, Ptf2.6 ↑ 4.9MPa, 日产油 2.4 ↑ 3.4t, Pws19.98/0.67MPa。

机械清蜡对于油井的日常井下维护作业具有一定的适应性,可以针对井筒积蜡而又同时具有一定油气通道的油井进行清蜡解堵深通作业,可以有效解除井筒蜡堵现象,建议推广该项技术的应用。

但是机械清蜡也存在弊端:自喷井生产后期,由于压力不断下降,驱动方式的改变,导致原油脱气严重,滑脱损失增加,大量天然气从原油中分离出来,清蜡后不能有效将蜡带出井筒,蜡块在油管内沉积,容易造成油井井筒堵塞,甚至导致油井停喷。天然气的体积快速膨胀,带走大量的热量,使井筒内温度降低,导致油井结蜡点下移。而清蜡绞车钢丝绳长度有限,这就为自喷井后期清蜡带来了难题。

3.3.4 熔蜡解堵技术现场应用效果评价

公 003-1 井:熔蜡解堵技术现场应用效果评价

公 003-1 井生产异常简况:

2005 年 10 月 31 日投产,该井投产初期日产油 19.13t, Pwf24.54Mpa, 梯度 0.65。

该井自 2012 年 3 月起产量递减较快,同年 6 月由于地方修路导致该井蜡堵关井,9 月实施酸化,日产油 1.5 ↑ 4.0t。

该井于 2014 年 4 月由于地方修路关井,6 月 10 日开井复产 Pcs10.5Mpa, Pts3.4Mpa, 开井油压半小时落零未出油。6 月 12 日安排清蜡解堵,在井口 20m 处遇阻。

生产异常原因分析:

(1) 该井 2014 年 4 月 21 日起关井复压,从井口压力变化分析,套压稳定、油压 10.1 ↓ 3.2MPa,说明该井井筒液面不断上升,其主要原因为井站员工倒井口气作为生活用气,井筒内原油不断脱气从而使液面上升,导致脱气死油在井筒内逐渐堆积;

(2) 6 月 12 日安排清蜡解堵,在井口 20m 处遇阻,说明长期倒气导致井筒内轻质组分挥发较多,在结蜡点附近位置,由于井筒内温度压力的变化,导致重组分逐渐富集析出结蜡;最终导致该井积蜡严重从而堵塞井筒油流通道。

解决方法:

(1) 6 月 12 日安排清蜡解堵,在井口 20m 处遇阻;

(2) 6 月 12、18、23、25 日进行清蜡解堵作业。

清蜡至 170m 未清通,携带出的井下物体主要是脱气死油夹带结蜡颗粒的混合物,为保证该井井下作业的安全受控,作业区与油维中心协商决定选用熔蜡解堵的方法进行解通井筒堵塞。

(3) 7 月 2 日安排熔蜡解堵作业,本次作业按照低排量,高油温的施工原则进行施工,油温控制在 120℃,历时 1:05 共计注入油套环空 6.38 方热油,施工后油压为 0,当时未达到解堵目的,准备第二天继续实施作业。

(4) 7 月 3 日该井套压 9.5MPa,油压 3.5MPa,采用利得管开井出油,该井解堵成功,清蜡车先后采用 47mm、52mm、57mm 麻花钻进行清蜡解堵作业。清蜡期间在井口 170m 处遇阻,选用 47mm 麻花钻反复清蜡直至 300m 处,蜡堵解除。然后用 52mm、57mm 麻花钻清蜡至 800m 处,彻底保障了油管通畅。本次作业结束。

4 结论及建议

结论:

1、电磁防蜡技术通过对公 003-H16 及公 47 的应用效果来看,对于延缓结蜡程度具有一定的适应性。

2、机械清蜡作为油井的日常井下维护作业之一,针对井筒有积蜡但又同时具有一定油气通道的油井进行清蜡解堵深通作业,可以有效解除井筒蜡堵现象。但是清蜡周期受路况天气等原因影响较大,同时油井随着地层压力的降低,井筒喷蜡效果逐渐变差,也制约着机械清蜡质量,需要因井制宜制定合理的喷蜡制度,提高喷蜡质量。

3、化学防蜡技术在应用效果来看,该技术需要在化学药剂配方上继续提升与改进。“柴油浸泡+清蜡”解堵技术可以应用于井底压力相对较高,井筒堵塞的油井,应用效果明显,可以推广使用。

4、熔蜡解堵技术在应用效果来看,在熔蜡的过程同时存在对地层污染的风险,但是对于井筒积蜡严重,地层压力较高,产量较高的油井还是具有一定的效果。

建议:

1、目前评价的油井相对较少,需要持续跟踪油井生产,进一步扩大试验范围,评价工艺应用效果。

2、根据单井井筒结蜡实际情况,因井制宜,选择单一清防蜡技术工艺或者几种工艺配合使用,制定有效解堵方案,以达清蜡最好效果,维持油井生产稳定。

参考文献

[1]张友彩.川中原油勘探开发形势及下步发展思路.内部报告.2008.

[2]潘昭才.一种新的化学热体系在油井清蜡中的应用[J].石油钻采工艺, 2006.

[3]关德,杨寨,张勇等.渤海两油田油井堵塞原因分析及化学解堵试验[J].西南石油学院学报, 2002, 24(2): 35-37.

稿件信息:

收稿日期: 2019 年 5 月 22 日; 录用日期: 2019 年 6 月 8 日; 发布日期: 2019 年 6 月 20 日

文章引文: 马大兵, 马彪, 李忠良, 赵东. 清防蜡工艺技术现场应用效果评价[J]. 工程技术与发展.2019,1(3).

<http://dx.doi.org/10.18686/gcjsfz.v1i3>.

知网检索的两种方式

7. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD> 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 例如: ISSN: 2661-3506/2661-3492, 即可查询

8. 打开知网首页 <http://cnki.net/> 左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询 投稿请点击:

<http://cn.usp-pl.com/index.php/gcjsfz/login> 期刊邮箱: xueshu@usp-pl.com