

欧利坨油田油井清防蜡技术优化与应用

王 俊

辽河油田科技部 辽宁盘锦 124010

摘 要: 欧利坨油田地理位置位于鞍山市台安县高力房镇, 构造上位于东部凹陷中段, 含油面积 11.51km², 石油地质储量 1839×10⁴t, 存在地层漏失严重、水敏性强, 油井偏磨情况严重, 原油含蜡量高等问题, 针对欧利坨油田区块地层、原油物性的不同, 结合生产和成本实际, 优选清防蜡方式, 可有效的保护欧利坨油田储层, 有利于油田长期的稳定开采。

关键词: 清防蜡; 空心杆洗井; 化学清蜡; 空心杆电加热; 油管电加热; 双空心杆水循环。

一、前言:

(一) 油田概况

欧利坨油田目前日均开井 90 口, 日产油 240t, 原油凝固点在 30℃-39℃之间, 原油含蜡量在 14.83%—23.32%之间, 原油含蜡量高是影响油井结蜡的内在因素。欧利坨油田现有油井 121 口, 开井 90 口, 采取的主要清防蜡措施为空心杆热洗、化学加药、空心杆电加热等, 其中空心杆热洗 16 口, 化学加药 4 口, 空心杆电加热 64 口, 双空心杆 2 口, 油管电加热 4 口。

(二) 面临的问题

1. 地层漏失严重、水敏性强

欧利坨区块主要以砂岩油藏为主, 低渗, 地层水敏性较强, 地层漏失严重, 多数油井水洗用量在 90m³以上, 返排期长, 影响油井产量, 部分油井水洗时外来水造成油层污染, 在水洗后初期出现不出或供液不足现象, 短期较难恢复正常产能。

2. 油井偏磨情况严重

欧利坨油井井斜大, 全角变化率大, 从作业过程中发现的问题看, 油井偏磨造成泵卡、杆断脱现象非常普遍, 由于偏磨造成倒井

占倒井 54%。

3. 油井含蜡量高

欧利坨区块油井含蜡量高 (14.83%—23.32%), 管杆结蜡现象明显, 融蜡温度最高达 90 度, 清防蜡难度大。

(三) 探索思路

为减少水洗对地层造成污染、油井偏磨情况重等问题, 我们开展了油井清防蜡技术的优化与应用。针对欧利坨油田区块地层、原油物性的不同, 结合生产和成本实际, 录取油井电流、功图、结蜡深度、溶蜡温度等资料, 建立油井清防蜡信息档案; 在分析研究的基础上, 通过现场实验, 优化清防蜡工艺设计方案和技术要求, 因井制宜, 采用不同的清防蜡方法, 实现清防蜡工作零入井流体的目标。

二、油井清防蜡技术优化与应用

为达到“降本增效”并实现欧利坨油田清防蜡零入井流体就需要从根本上转变常规热洗的方式, 采用新型洗井工艺, 及绿色无污染的清蜡工艺。根据油井产量、含水、原油性质以及泵沉没度的不同, 我们筛选试验并开展转变清防蜡方式的对比分析研究。

表 1 油井清防蜡技术对比

序号	清蜡方式	液量	含水	结蜡程度	液面 m	优点	缺点
1	水洗		>90%	较重		周期长、清蜡效果好	用量大、污染地层、返排期长
2	空心杆热洗	2-5t		较轻		用量少、不伤害地层、排液期短, 清蜡效果较好	空心杆易堵塞, 洗井压力高, 洗井周期短
3	化学清蜡	2-5t	<70%	较轻	<1000	有效延长热洗周期, 防蜡效果好	套管加药受套压影响、需要定期实施热洗清蜡、成本高
4	空心杆电加热	>5t		较重		操作简单、成本低、清蜡效果好	初期投资大、耗电量高
5	油管电加热	3-6t	<90%	较轻	<500	操作简单、有效延长检泵周期	周期短、耗电量高
6	双空心杆水循环	>3t	<60%	较重		操作简单、清蜡效果好、节能降耗	初期投资大、空心杆载荷大、泵深受限

(一) 空心杆洗井清蜡技术

针对欧利坨油田日产油量在 5t 以下, 原油含蜡量较轻的油井, 我们的思路是控制清蜡成本、沿用热洗的方式, 但是为解决生产中的矛盾, 避免清蜡过程中洗井液与地层接触, 我们改变了传统套管

洗井的方法, 大胆尝试油管内循环热洗的绿色清蜡技术, 即空心杆洗井清蜡技术。空心杆洗井较水洗耗水量小, 投入成本较低, 相对水洗返排期短, 且水不与地层接触, 对地层没有污染。

表 2 清防蜡成本及影响油量对比统计表

类别	全年清防蜡次数	影响时率(返排期) (天/次)	单次影响油量 (吨/次)	单井全年影响油量 (吨/井)	年费用(万元/井)	备注
空心杆热洗	18	1	2.5	45	4.95	2750 元/次 × 1.5 次/月 × 12 月
水洗	7	4	10	70	5.6	8000 元/次 × 7 次/年

但是空心杆洗井时需要停井, 且洗井次数相对水洗要多, 这就对产量造成了一定的影响。为了减少停井洗井这部分产量的损失, 我们将地面硬管线更换为高压软管线, 管线两端用高压卡箍固定, 实现了洗井时抽油机可持续生产, 洗井后仅需几小时就可将洗井液完全排出, 将洗井对油井产量的影响降到最低。

截止 2017 年, 欧利坨油田共实施 16 口井, 累计减少入井流体

1.008 × 10⁴m³, 间接增油 400t。

(二) 化学清蜡技术

化学清防蜡技术主要是利用化学试剂, 减缓蜡在油井和管线壁上的沉积, 将沉积在油、套管壁上的蜡溶解, 使其均匀分散在油井产出液中, 生产时随液流带出井筒。它的特点是使用方便、不污染地层。我们选取欧 37-56-28 为试验井, 采用井口套管连接点滴加药

泵的方式, 定量对试验井进行加药试验, 日均加药 30kg。重点监测油井产量变化, 结合示功图、取样结果分析油井结蜡情况发现化学防蜡也具有较好的效果。



图1 欧 37-56-28 产量变化情况

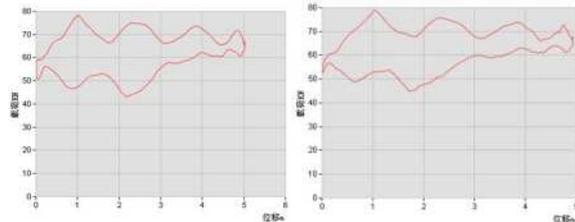


图2 欧 37-56-28 加药前功图 图3 欧 37-56-28 加药一个月后功图

在欧利坨油田扩大加药清防蜡技术应用范围后, 在应用过程中我们发现, 传统的套管加药是将化学药剂用加药泵打入到套管内, 随液面压入到油井泵的吸入口, 在油套环空和油管内部建立通道, 随油流通过油管上返至地面。对于液面较高的井, 加药量平均在 20-30kg/天, 等到液面压到井底泵口需要很长时间, 加药见效很慢, 影响加药效果。对于套压较高的井, 需要将套压放至较低后才能实施加药, 不仅耗时较多, 还造成套管气浪费。

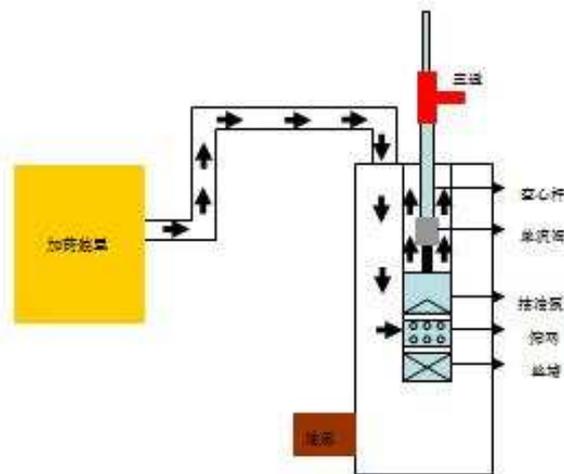


图4 套管加药工艺

我们设计将套管点滴加药转变为空心杆内部连续加药, 在空心杆内与油管内部建立循环通道, 药剂由三通泵入空心杆内, 通过井下

单流阀进入油管内, 伴随油流从油管内部上返至地面, 加药过程不受液面和套压的影响, 加药见效快。而且在套管加药过程中, 化学药剂的行程长, 接触的有效套管面积大, 因此造成药剂的浪费, 而在欧利坨油田油井空心杆的平均下入深度为 1000m 左右, 正好对应油井的结蜡深度, 加入的化学药剂直接作用于结蜡位置, 加药行程短, 加药效果好。

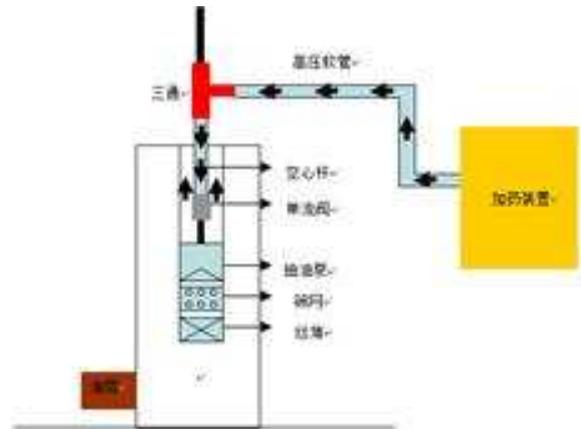


图5 空心杆连续加药工艺

截止 2017 年, 选用化学清蜡的生产井共计 4 口, 累计减少水洗 28 次, 累计减少入井流体 $0.252 \times 10^4 \text{m}^3$, 实现间接增油 210t。

(三) 空心杆电加热清防蜡技术

空心杆电加热清蜡装置主要由中频柜、空心抽油杆、加热线缆三部分组成。在空心抽油杆内孔中穿入电缆并与空心杆体形成回路, 通以不同频率的交流电, 利用内集肤效应在空心杆壁上产生热能, 通过热传导对油井进行加热, 以提高油管内部原油温度, 降低原油黏度, 改善其流动性, 阻止了原油中蜡的析出。考虑到设备一次投入成本高的原因, 我们对区块日产量在 5t 以上且含蜡较重的油井欧 25-21 实施空心杆电加热技术, 对该清防蜡方式的清蜡效果、投入成本与空心杆热洗进行对比分析。

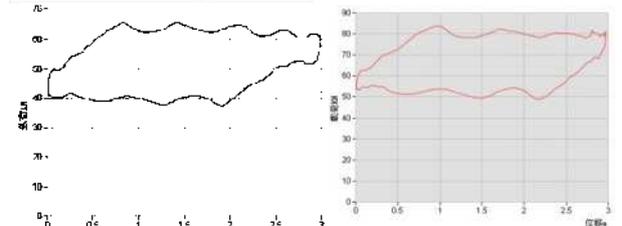
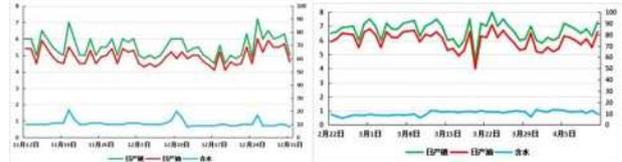


图6 空心杆热洗时产量及功图

图7 空心杆电加热时产量及功图

表3 清防蜡直接成本对比统计表

类别	费用明细	初期投资 (万元/井)	年费用 (万元/井)	备注
空心杆电加热	中频柜	6	0.75	8 年使用期限
	电缆	3	0.6	5 年使用期限
	设备、电缆维护		1	修理、起下
	电费		2.3	0.6 元/kW · h × 800kW · h × 4 次/月 × 12 月
小计			4.65	
水洗	服务费		5.6	8000 × 7 次/年

表4 清防蜡影响油量对比统计表

类别	全年清防蜡次数	影响时率 (返排期) (天/次)	单次影响油量 (吨/次)	单井全年影响油量 (吨/井)
----	---------	------------------	--------------	----------------

空心杆电加热	48	0	0	0
水洗	7	4	10	70

通过对比空心杆电加热清防蜡技术既有较好的清蜡效果也不影响油井产量,但空心杆电加热初期投入成本高,尤其是地面电加热电源,采用中频控制器为电加热设备提供电源,一台设备的成本在60000元左右,这给大规模应用空心杆电加热工艺带来了成本上的制约,为了克服这个问题,我们因地制宜,根据欧利坨油田平台井较多的这一现状,决定采用“一带多”的方式,用一台中频柜为一个平台两台甚至两台以上的油井提供电加热电源,我们研制了电加热分线柜,通过空开的闭合实现了这一目标。只要将相邻油井的电加热周期交错开,就实现了资源的整合利用,操作简单,大幅降

低了投资成本,效益明显。

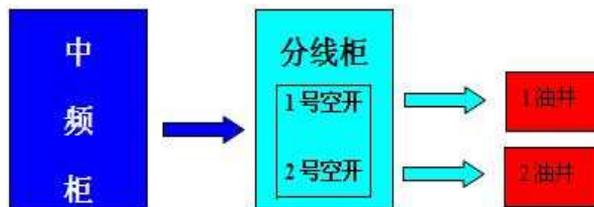


图8 电加热分线柜原理图表

表5 欧利坨油田电加热分线柜应用情况

序号	班站	井号	设备	实施日期	累计实施次数
1	欧六站	欧 28-31-21	电加热分线柜	2014 年 12 月 9 日	180
2	欧六站	欧 28-27-20			
3	欧一站	欧 31-29-33	电加热分线柜	2015 年 5 月 22 日	234
4	欧一站	欧 31-27-31			
5	欧五号台单井	欧 31-27-30	电加热分线柜	2015 年 6 月 2 日	157
6	欧五号台单井	欧 31-27-28			
7	欧一站	欧 31-32-28	电加热分线柜	2015 年 8 月 25 日	99
8	欧一站	欧 31-31-29			
9	欧五号台单井	欧 31-26-30	电加热分线柜	2015 年 12 月 20 日	64
10	欧二站	欧 31-27-29			
11	欧二站	欧 31-21-29	电加热分线柜	2016 年 1 月 28 日	81
12	欧六站	欧 31-23-29			
13	欧六站	欧 28-29-K18	电加热分线柜	2016 年 3 月 2 日	52
14	欧六站	欧 28-30-20			

截止2017年,实施空心杆电加热清蜡工艺技术的油井共有64口井,推广运用电加热分线柜14口井,同比减少水洗次数448次,减少入井流体 $4.032 \times 10^4 \text{m}^3$,实现间接增油4480t。

(四) 油管电加热清防蜡技术

油管电加热清防蜡技术是利用正常生产油井中的油管做热源,将电能转化为热能,直接加热油井中的液体。对结蜡油井,由于提高了井筒内液体及油管的温度,防止了蜡的析出及结晶。

欧利坨油田部分油井井斜大,全角变化率大,油井极易偏磨造成杆磨漏或断脱等情况发生,且在作业过程中发现,这部分油井偏磨大多在空心杆部分,导致空心杆磨漏,油井无法正常生产;初期我们采取实施井下防偏磨技术,但并未取得较好的效果,为了既避免这部分油井因空心杆磨漏或断脱倒井,又能达到清防蜡效果,我们优化调整这部分井清防蜡方式,采取油管电加热清防蜡方式,改空心杆为实心杆,降低油井载荷及杆与油管内壁的摩擦。我们对偏磨较重的欧29-k18油井实施油管电加热清防蜡技术,对该清防蜡方式的清蜡效果、作业前后杆偏磨情况与空心杆电加热进行对比分析。

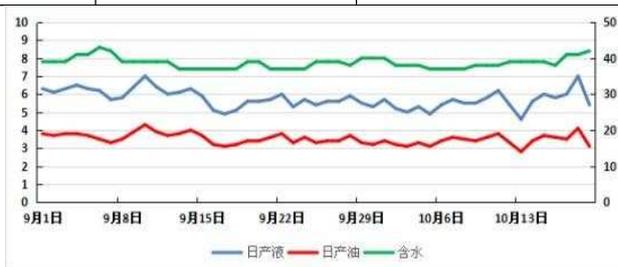


图9 欧29-k18产量变化情况

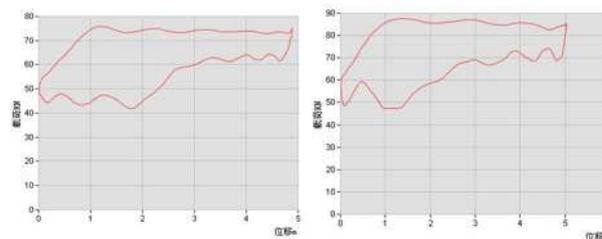


图10 欧29-k18油管电加热前功图

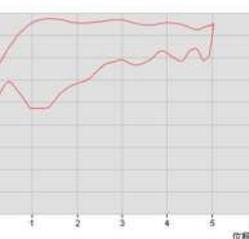


图11 欧29-k18油管电加热后功图

表6 作业情况统计表

作业时间	作业原因	发现问题	采取措施	影响油量 t
2016.10.14-2016.10.17	杆漏	空心杆第98根磨漏	下入防偏磨扶正器61个	18
2017.04.08-2017.04.12	杆漏	空心杆第95根磨漏	无	21
2017.08.06-2017.08.16	杆漏	空心杆第92根磨漏	更改清防蜡方式为油管电加热	30
2018.05.22-2018.06.04	液流控化	基本无偏磨	无	12

通过跟踪分析,油管电加热具有较好的清防蜡效果,该井检泵周期由原128天提高至286天,有效提高了区块的平均检泵周期,目前已推广运用4口井。

(五) 双空心杆水循环清防蜡技术

在应用空心杆洗井与空心杆电加热清防蜡工艺后,我们设想能否将两者的优点结合起来,利用水作为介质来持续提高井筒内的流

体温度,从而在保证清防蜡效果的前提下,实现操作简便、成本降低的效果。为此我们在2016年引进了双空心杆水循环清蜡工艺,双层空心杆水循环工艺由地面热源供应系统、循环泵、地面循环管线、分流器、Φ42高真空隔热抽油杆等部件组成。

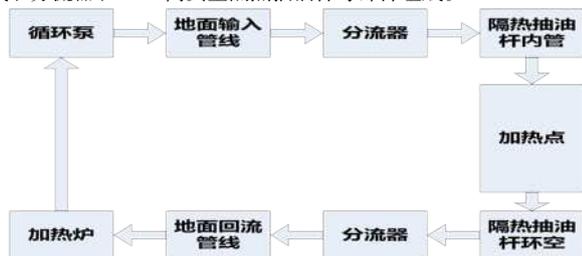


图12 双空心杆水循环工艺流程图

确定了采用的新清蜡工艺后,我们选取欧31-25-29井作为实

验井。地面热源借用邻井欧31-H1的加热炉,保证欧31-H1进站温度需求的同时,将加水阀门和放空阀门作为欧31-25-29水循环的进出口,地面加装循环泵及高压软管实现循环加热工艺;应用双空心杆循环伴热装置加热技术替代后,取试验前后一个月生产数据做对比分析,测试功图正常,无结蜡显示,电流平稳,各项生产指标稳定。

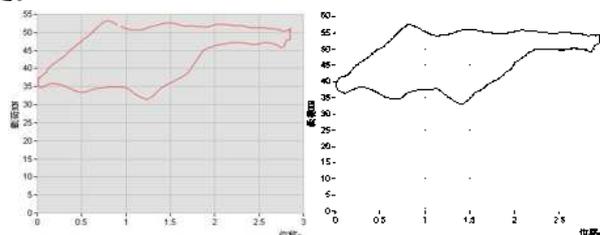


图13 欧31-25-29井试验前后的功图变化图

表7 试验井欧31-25-29的各项生产数据表

生产时间	日产液 (t)	日产油 (t)	日产气(m ³)	含水率 (%)	电流 (A)	泵效 (%)
2016.3.17 至 2016.4.16	4.2	3.7	133	11	51/45	24.5
2016.6.20 至 2016.7.19	4.4	3.9	128	12	53/42	25.7

对比清蜡直接成本也可以发现双空心杆水循环清蜡工艺可以很好的节约成本;另一方面,双空心杆水循环所用套管出口温度

平均在75℃,回水温度65℃,井口流体温度50℃,由于进站温度较高,该井原水套炉已停用,日可节气80方。

表8 清防蜡直接成本对比统计表

类别	费用明细	初期投资	年费用	备注
		(万元/井)	(万元/井)	
空心杆电加热	中频柜	6	0.75	8年使用期限
	电缆	3	0.6	5年使用期限
	设备、电缆维护		1	修理、起下
	电费		2.3	0.6元/kW·h × 800kW·h × 4次/月 × 12月
小计			4.65	
双空心杆水循环	设备费用	40	4	10年使用期限
	设备维护		0.2	修理
	电费		0.07	0.6元/kW·h × 3kW·h × 365天
	天然气		0.3	
小计			4.57	

2018年,我们又在欧31-28-32井应用双空心杆水循环清蜡工艺,对该井原有加热炉进行技术改造,在炉体上加装温度控制器以及压力感应器,使得水温控制实现自动化,管线泄露自动报警,进一步简化操作,在确保安全的基础上,降低了员工劳动强度。截止目前,累计节气5.84 × 10⁴m³。

三、实施效果分析评价

(一) 经济效益

通过对欧利坨油田清防蜡技术的优化与应用,截止2017年共增油5090t,累节气5.84 × 10⁴m³,按1255m³气折算1吨油计算增油为47t,减少水洗476井次,减少热洗费用约380万元,新设备投入成本约260万元,耗电及化学药品费用220万元。

$$E = (1-30\%) \times F \times Q \times (P-C) + J - D$$

$$= 0.7 \times 1.0 \times (5090+47) \times (0.2913 - 0.2171) + 380 - (260+220)$$

$$= 166.81(\text{万元})$$

式中: E—成果的直接效益/元;

式中: F—分成系数, 1.0;

式中: Q—增加的油气商品量/吨;

式中: P—原油价格, 2913元/吨;

式中:

C—生产成本费用(操作成本+折旧+期间费用), 2171元/吨;

J—节约成本;

T—投入成本。

(二) 社会效益

实施零入井流体绿色清蜡方式试验后,累计减少入井流体5.292 × 10⁴m³,对欧利坨油田储层起到了有效的保护,有利于油田长期的稳定开采。

四、结论:

欧利坨油田油井零入井流体清防蜡方式的应用,对油层保护起到了很好的作用,减少了油井清防蜡工作的投入成本,同时避免了油井蜡卡倒井,有效延长了油井检泵周期。

参考文献:

- [1]王卫强.油田清防蜡技术研究综述.当代化工, 2019, 04.
- [2]李雪松等.油井清防蜡技术研究与应用进展.天然气与石油, 2017, 06.
- [3]杨红静等.清防蜡技术的研究及应用.表面技术, 2017, 03.