

化学清防蜡剂在川中油田的应用和展望

马大兵¹ 马 彪² 李忠良³ 罗巧贤⁴ 张 平⁵

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培工艺研究所 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南部采油气作业区 四川 南充 637000

5. 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

DOI:

【摘要】摘要:川中油田原油含蜡量较高,开采时随着温度、压力的降低和气体的析出,结晶析出的蜡聚集长大形成蜡晶体沉积在管壁等固相表面上。油管结蜡后,缩小了油流通道,增加了油流阻力,导致油井减产,严重时会把油井堵死。向油井井筒中加入液体化学清防蜡剂来达到防蜡目的,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,通过对几种化学清防蜡剂在生产中的运用效果评价,最终优选适合油井生产的化学清防蜡剂,保障油井正常生产。

【关键词】清防蜡剂;应用评价;前景展望

1 前 言

地处四川盆地中部、区域构造属于川中古隆中斜平缓构造区营山构造群的中部的公山庙油田便是典型的含蜡量高的油田,如何解决这一难题,是油田开采过程中的重点。从国内研究试用清防蜡的技术发展看,先后经历了人工清蜡到电动清蜡绞车、玻璃衬里、内涂层油管防蜡、热油洗井清蜡、电热清蜡和磁防蜡、化学清蜡、微生物清防蜡等技术,其中部分技术在川中公山庙油田得到了试验推广,并取得了明显的效果。

1.1 机械清蜡技术

主要清蜡工具与设备有刮蜡片、麻花钻头、毛刺钻头、钢丝及电动绞车等。定期刮蜡适应于自喷井和斜井清蜡,施工简单,成本低。

1.2 热力清防蜡技术

主要用热介质加热循环清蜡。常用的有热洗锅炉车、空心抽油杆和热载体水力活塞泵及热油循环清蜡等。适用于自喷、抽油井和各种定向井、丛式井及原油粘度高、蜡性复杂的油井。

1.3 玻璃衬里和涂层油管防蜡技术

主要包括玻璃衬里油管防蜡和涂料衬里油管,适用于自喷井。

1.4 电热防蜡技术

主要有自控式电热电缆和空心电热杆涡流加热

两大类,我国大港、辽河、青海和吐哈等油田使用效果较好。

1.5 磁防蜡技术

油流通过磁防蜡器切割磁力线后,减轻清蜡程度,延长检泵周期,常用的有固定式、投捞式、杆式3种,用于自喷井和抽油井,但对不同原油性质有敏感性。

1.6 化学清防蜡技术

在油套环形空间加入化学剂,使之在原油中溶解混合,改变蜡晶结构或使蜡晶处于分散状态。常用的化学剂有油溶型清防蜡剂和水溶型清防蜡剂、乳液型清防蜡剂和井下EVA固体防蜡棒等。

1.7 微生物清蜡技术

微生物清蜡是近几年发展起来的新技术,用于清蜡的微生物有食蜡性微生物与食胶质和沥青质性微生物的放线菌、真菌等,在吉林和大港、辽河等油田应用,增油效果好、成本低,已建立了微生物研究、筛选、培养和生产基地。

2 使用背景

公山庙油田作为矿区和作业区原油产量的主要贡献者,于1979年首钻公1井开始,从98年开始形成了以大安寨、凉高山、沙一的多产层油田,至今,该区块已累计完钻90口井,生产井80口。由于该油田三套产层原油含蜡量较高,一般在10—30%左右,

故生产过程中,蜡一直是制约生产的重要因素,从现场油井结蜡的情况来看,每口油井都存在不同程度的结蜡,严重影响作业区油井的正常生产。针对油井结蜡严重的情况,作业区采取的主要清防蜡措施是:化学清蜡剂、人工清蜡、机械清蜡。由于化学清防技术操作简单、方便,清防效果好且稳定,适用性广泛,因而在公山庙油井清防技术中得到广泛应用。

3 化学清防蜡剂作用机理

化学清防技术是利用化学药剂达到油井清防蜡的目的。按照化学药剂的作用可分为清蜡剂和防蜡剂两大类。

3.1 清蜡剂

清蜡剂有油基清蜡剂、水基清蜡剂和乳液型清蜡剂 3 种。

(1) 油基型清蜡剂

油基型清防蜡剂三类溶蜡量很大的溶剂,能将已形成的蜡溶解。目前国内外普遍采用的此类溶剂有 CS_2 、 CCl_4 、 CHCl_3 、芳烃溶剂、汽油、柴油、凝析油、石脑油及一些化工过程中的副产品。

油基型清蜡剂的作用原理:将对沉积石蜡具有较强溶解和携带能力的溶剂分批或连续反注入油井,把沉积石蜡溶解并携带走。结蜡严重时,可将清蜡剂大剂量加入到油管中循环以达到除蜡目的。在油基型清蜡剂中通常加入表面活性剂,利用表面活性剂的湿润、渗透、分散和清洗作用,进一步提高溶剂的清蜡效果。

在使用油基清防蜡剂前应检验清蜡剂与原油的相容性,以防止在清蜡过程中出现沥青析出的现象。使用油基型清蜡剂的优点的处理效果好,不需要较高的温度,但是由于通常所使用的溶剂毒性较大且易燃、易爆,因而其应用受到一定的限制。

(2) 水基型清蜡剂

水基型清蜡剂是以表面活性剂为主,同时加入互溶剂、碱性物质和水组成的一类清蜡剂。表面活性剂的作用是湿润反转,使结蜡表面由亲油反转为亲水表面,有利于蜡的脱落。同时表面活性剂的渗透作用可使蜡分子与管壁间的黏结力减弱,从而将其从管壁上清除。可用的表面活性剂包括水溶性的磺酸盐型、聚醚型、土温型、平平加型与 OP 型等。互溶剂的作用是增加油与水的相互溶解度,促使蜡晶溶解而进入油流中。常用的互溶剂有 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHOH}$ 、 $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ 、 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{O}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ 、丁二醇乙醚等。碱性物质的作用是碱

可以与蜡中的沥青质等极性物质反应,生成可溶于水的产物。可用的碱有 NaOH 、 $2\text{Na}_2\text{O}$ 、 Si_2 、 Na_3PO_4 、和 $(\text{NaPO}_3)_6$ 等。

由于水基型清蜡剂主要依靠表面活性剂的润湿反转、渗透和洗净作用将沉积的石蜡从设备表面上除掉,因而其使用效果受温度的影响较大,温度越低效果越差,因此在低温下使用时应考虑增大表面活性剂的用量。

(3) 乳液型清蜡剂

乳液型清蜡剂是采用乳化技术,将清蜡效率高的芳香烃或混合芳香烃溶剂作为内相,将表面活性剂水溶液作为外向配制的水包油型乳状液。选择有适当浊点的非离子型表面活性剂,就可使乳化液在进入结蜡段之前破乳,分出两种清蜡剂同时起清蜡的作用。

该类清蜡剂既保留了油基型清蜡剂和水基型清蜡剂的优点,又克服了由极性清蜡剂对人体的毒害性较大和水基型清蜡剂受温度影响较大的缺点,若能较好地解决乳状液的稳定性和井下破乳的问题,该种类型的清蜡剂将具有良好的发展前景。

3.2 防蜡剂

防蜡剂主要有稠环芳香烃型防蜡剂、聚合物型防蜡剂和表面活性剂型防蜡剂 3 种。

(1) 稠环芳香烃型防蜡剂

稠环芳香烃型防蜡剂的作用机理是通过参与组成晶核,使晶核扭曲。阻止蜡晶长大达到防蜡的目的。常用的稠环芳香烃型防蜡剂有奈、蒽、菲、并四苯等。

(2) 聚合物型防蜡剂

聚合物型防蜡剂通常是一些高分子物质,具有与蜡分子相类似的长链烷基结构,高分子链中的非极性链节部分可与蜡共同结晶,而极性链节部分则使蜡晶及晶型产生扭曲,阻止蜡晶继续长大形成网状结构,从而达到防蜡的目的。聚合物型防蜡剂在蜡晶析出前加入到原油中,其作用效果最好。通常以烯烃为主的各种聚合物对石油的防蜡有明显效果。常用的聚合物型防蜡剂有聚乙烯、聚丙烯酸酯、乙烯-醋酸乙烯酯共聚物(EVA)、乙烯-羧酸乙烯酯共聚物及丙烯酸制及其共聚物等。

(3) 表面活性剂型防蜡剂

表面活性剂型防蜡剂是通过表面活性剂在蜡晶表面或结蜡表面上吸附,起到防蜡作用的防蜡剂。此类防蜡剂可分为以下两类:

3.3 油溶性表面活性剂

油溶性表面活性剂是通过吸附在蜡晶表面,使之变成极性表面,不利于非极性石蜡的结晶,从而阻止蜡分子进一步沉积。可用的油溶性表面活性剂主要为石油磺酸盐 $R\text{ArSO}_3\text{M}$ ($\text{M}: \text{Na}, \text{K}, \text{NH}_4$) 和聚氧据杨乙烯脂肪胺等。

3.4 水溶性表面活性剂

水溶性表面活性剂通过在结蜡表面(如油管、抽油杆和设备表面)上吸附,造成极性反转,从而阻止

蜡在其表面上的沉积。水溶性表面活性剂主要是烷基磺酸盐、聚氧乙烯烷基脂肪醇醚、聚氧乙烯烷基脂肪酚醚、聚氧乙烯聚氧丙烯丙二醇醚等。

4 应用情况

公山庙油田最早采用防蜡降黏剂 AE1910 进行油井的轻防蜡,从 1987 年开始在公山庙油田推广使用江汉生产的 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。BJ-D7 等清防蜡剂性能指标见表 1。

表 1 各种清防蜡剂性能指标

清防蜡剂种类	外观	密度 (g/ml)	pH	溶蜡速度 (mg/mL·min)	饱和溶蜡率 (g/ mL)
BJ-D7	棕褐色均匀液体	1.0—1.2	5—7	≥ 1.3	≥ 0.45
BJ-6	棕色液体	1.0—1.2	5—7	≥ 1.3	≥ 0.45
QF-8	黄褐色透明液体	1.0—1.2	5—7	≥ 1.3	≥ 0.45
JQ-005	红棕色透明液体	1.0—1.2	5—7	≥ 1.3	≥ 0.45
CY-1	深棕色液体	1.0—1.1	5—7	≥ 0.95	≥ 0.45

上述 5 种清防蜡剂密度都较大,溶蜡速率和饱和溶蜡率都较高(CY-1 的溶蜡速率稍低),都是较好的清蜡剂产品。由于这些产品溶蜡速率高,油井清蜡见效快并且清蜡效果较好,因而在公山庙油田得到广泛的应用。它不但用于油井的常规清蜡,也常用于油井的清蜡解堵。如:公 13 井是公山庙油田的一口高产井,含蜡量 25% 以上,气油比低,机械清蜡后,蜡带出地面困难,故在 99 年 1 月出现一次蜡堵死井筒的情况,油井失去自喷,针对此情况,经研究决定立即加入清防蜡剂进行浸泡,浸泡后,蜡明显地变软,之后反复多次打蜡得以解堵,恢复了油井的正常生产。但该清防蜡剂也存在一定的缺陷,因为这些产品主要由溶蜡溶剂和多种表面活性剂复配而成,溶蜡溶剂中含有较高的有机氯或有机硫(如在公山庙油田应用最多的 BJ-D7 清防蜡和 QF-8 清防蜡剂,有机氯含量分别达到 54% 和 29%),有机氯或有机硫融入原油中后,会对炼油生产设备造成腐蚀和使炼油催化剂中毒。因而自 2001 年 11 月以后,为满足公山庙油田现场生产需要,防止原油中的氯

元素和硫元素在原油深加工过程中,造成炼油生产设备腐蚀和使炼油催化剂中毒,无氯、无硫的新型高效 CY-2 油基型清防蜡剂逐步取代 BJ-6 等含有机氯清防蜡剂产品,并在油田得到广泛应用。

CY-2 清防蜡剂是由高效溶蜡剂、防蜡剂、蜡晶分散剂和互溶渗透剂等组成的一种油溶性清防蜡剂。具有适用面广,清蜡效果好,价格低廉,使用简单等特点,是目前作业区应用最多、效果较好的一种。

在油井中,使用 CY-2 清防蜡剂时,采用的加药方式主要是将药剂从油套环空直接加入,加药浓度一般在 200—300mg/L。另外,考虑到油井的生产实际,从环空加入工作量大,在生产现场中,也常在油井关井期间,从油管直接加入,一般加入量在 50—100 公斤/次,液体依靠重力滑落至井筒,对井口附近油管壁的结蜡直接进行溶解软化,之后再采用机械清蜡,这样效果较好。2001 年 6 月 1 日进行现场应用至今,CY-2 清防蜡剂已在公山庙油田 30 多口井上得到推广应用,取得良好的清蜡效果,如结蜡

严重的公 16、35、47、57 井,采用此方法后,解决了以前清蜡、测压遇阻的情况,确保了油井的正常生产。尤其是公山庙油田使用 CY-2 清防蜡剂后,公山庙油田外运原油中有机氯含量显著下降,从最高 520mg/L 下降到 0,基本解决了公山庙油田中含有有机氯的问题,确保公山庙油田外运原油的质量。

5 应用前景展望

公山庙油田综合采用化学清防蜡、人工清蜡和机械清蜡等技术取得了良好的油井清防蜡效果。尤其是 CY-2 清防蜡剂在油井清防蜡中起到了较重要的作用。原油开采的阶段不同,原油的含水会发生较大的变化,因此,在所采取的化学清防蜡方式上有较大的区别。应根据原油开采所处的阶段和不同原油的性质,不断摸索合适的化学清防蜡剂的方法。

目前,化学清防蜡剂的发展方向是继续寻找高效、低廉的蜡溶剂,并开展复配助剂的研究,通过不同高效助剂的复配,提高蜡溶剂在沉积蜡周围的聚集,避免因油的稀释造成清蜡剂清蜡效果的下降。化学防蜡剂的发展趋势主要是开发新型、多效高分子型防蜡剂,以及将高分子型防蜡剂与表面活性剂和芳烃型复配使用,以提高其防蜡效果。由于两者作用机理完全不同,因此综合利用化学防蜡剂与化学清蜡剂各自的优点,在油井清防蜡工作中充分发

挥两者优势互补的特性,将成为今后化学清防蜡技术的发展趋势。

6 结论与建议

结论

6.1 机械清蜡作为油井的日常井下维护作业之一,具有一定的适应性。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,能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,油气流携蜡效果逐渐变差,也制约着机械清蜡质量。

6.2 本文通过对几种化学清防蜡剂的现场运用对比,进一步深化了对川中油井化学清防蜡剂使用的适应性认识。

6.3 目前化学防蜡技术需要持续跟踪油井生产,并在技术化学药剂配方上继续提升与改进,评价工艺应用效果。

建议

6.4 根据单井生产实际情况及原油含蜡量,选择机械清蜡工艺与化学清防剂配合使用,以达清蜡最好效果,维持油井生产稳定。

6.5 通过对几种化学清防剂的应用对比,目前使用的 CY-2 型化学清防蜡剂效果相对较好。

【参考文献】

- [1]王云峰,张春光.表面活性剂及其在油气田中的应用.北京:石油工业出版社,1995
- [2]林巧云,葛红.表面活性剂基础及应用.北京:中国石化出版社,1995
- [3]赵福麟.采油化学.北京:石油大学出版社,1997
- [4]陈馥,曲金明.油井清防蜡剂的研究现状.