

化学清防蜡药剂性能提升探索与经济应用研究

田瑞涛 刘超群 王 涛 张海楠 康 羽

(中国石油冀东油田分公司陆上油田作业区, 河北 唐山 063200)

摘要: 油井生产过程会出现结蜡现象, 严重影响油井的生产生产, 随着油藏开发进入后期, 原油物性逐渐变差, 清防蜡管理难度不断加大。化学清蜡是一项很重要的油田清蜡方式, 他有不污染地层特点。为实现目前使用的高效清蜡剂, 在现场使用后多数井并未出现明显的清蜡效果。因此文章通过清防蜡药剂性能提升探索与应用研究, 清蜡剂性能评价, 优化清蜡药剂选型。根据产量分级、清蜡效果、费用计划综合优化制定清防蜡加药制度。实现防蜡效果提升。

关键词: 化学清蜡; 清蜡剂; 井口加药; 水基; 油基

陆上油田作业区第四工区清防蜡工作主要以高尚堡油田中深、深层为主, 油井开井数占第四工区总开井数的 75%, 产量占 78%。中深、深层油藏油井具有“三高”特点, 含蜡量(15.6-19.9%), 胶质沥青质(18.7-25.3%), 凝固点(28.9 °C -37.1°C)。结蜡井段为 0-1000 米, 通过对在用的化学高效清蜡药剂 JRQ-3, JRQ-6 评价了对蜡样的溶解速率, 发现 JRQ-3 并不适用于第四工区所有井。通过技术人员深入现场, 了解到现场对药剂效果分析、清蜡剂加药制度、各类增产措施的运行模式及药剂的优化调整等方面均有提升空间。

1 化学清防蜡现状调查

1.1 国内外现状及发展趋势

现阶段国内一些油田及科研院所, 对含蜡油田的蜡沉积及蜡清除开展了广泛的研究, 研制和开发出了多种清防蜡产品, 但其中绝大多数产品是在传统清蜡剂上的改性和复配, 不同程度上存在性能单一、效率较低、选择性强、存储稳定性、安全性差等不足。

通过对目前国内外清蜡剂的发展现状的研究可以看出, 未来清蜡剂的发展方向是: 制备高效、稳定、价格低廉、安全无毒、易储存的乳液型清防蜡剂, 并继续开展复配助剂的研究, 通过不同高效助剂的复配, 提高清蜡溶剂在沉积蜡周围的聚集, 避免因油的稀释造成清蜡效果的下降。

1.2 原油物性调查

第四工区高深层和中深层各断块原油物性: 结蜡主要集中在 G5、G65、G14、G76、G23x8 等断块。日维护产量 276 吨, 整体清防蜡油井较多、结蜡严重、日常管理难度较大(见表 1)。

表 1 第四工区各开发单元清防蜡现状

区块	分到断块	含蜡量 (%)	胶质沥青质含量 (%)	凝点 (°C)	维护产量 (吨)
高深北	G14	15.5	42.0	38	3
	G5	16.2	12.0	33	123
	G65	11.9	17.2	33	29
高深南	G12/G94/G7/G3102	13.1	19.0	27	49
高中深北	G9/G75	13.8	16.3	30	5
	G76	14.9	15.9	30	24
	G23x8	7.7	16.4	39	25
高中深南	G78/G131X1/G28X3	10.8	11.7	20	19
合计		13.0	18.8	31	276

1.3 清防蜡现状调查

目前油田有多种清防蜡方式, 主要清蜡方式有:

①机械清蜡, 具有成本低廉, 不污染油层, 但缺点明显: 适用范围小, 仅能在自喷井和电泵井实施。②化学清蜡, 向井筒加高效清蜡剂, 该方式应用范围最广, 对油层无污染, 存在缺点: 清蜡效果不彻底, 需进一步研究提升效果。③热力清蜡清蜡相对彻底, 但存在污染油层的危害。④目前使用的微生物清蜡效果差, 使用频次逐年减少。⑤工具防蜡目前油田使用较少, 且效果不明显。综合以上多种清蜡方式, 高尚堡油田形成以化学清蜡 + 自循环热洗清蜡为主、泵车热洗清蜡为辅的清防蜡模式。

2 开展清蜡剂性能评价

2.1 采油用清蜡剂溶蜡速率测定方法

——依据标准《SY-T6300-2009 采油用清、防蜡

技术条件》

2.1.1 原理

在本方法规定的条件下，利定蜡球在清蜡剂中溶解的时间，计算得到清蜡剂的溶蜡速率，以克每分 (g/min) 表示。

2.1.2 试剂和材料

油井中取得蜡样，瑞丰清蜡剂 JRQ-3，JRQ-6。

2.1.3 仪器

天平，感量为 0.01g；恒温水浴：温度 60℃，控温精度±0.1℃。

2.1.4 分析步骤

将对应样品蜡搓成 1g 左右的蜡丸，称量重量并记录。确至 0.01g，记录蜡球质量为 m1。用棉线吊入装有 30ml 清蜡剂的具塞量筒中，浸没蜡球并处 45℃ 水浴环境加热，静置一小时后取出未溶解的蜡球，放在通风橱中阴干。称量蜡球质量并记录，精确至 0.01g，记录蜡球质量为 m2。整个实验过程在通风橱中进行。

2.1.5 结果计算

溶蜡速率计算公式：溶蜡速率 = (m1-m2) / 60

2.2 开展清蜡剂对蜡样评价试验

2.2.1 样品 XX 井蜡样，清蜡剂 JRQ-3，清蜡剂 JRQ-6



实验反应前



实验反应后

2.2.2 实验结果（实验温度：45℃ 实验时间：60min）见表 2

2.2.3 实验结论

①从溶蜡速率的计算结果对比来看，药品清蜡剂 JRQ-3 的效果更好，1h 即可溶解全部蜡样。②初步改变药剂浓度与实际药剂效果成正比的概念，即清蜡剂与原油混合溶液，清蜡剂浓度在 80% 时溶蜡速率最高。③清蜡剂的溶蜡速率均未达到 SY-T6300-2009 中大于等于 0.016g/ml 的指标要求，药剂仍需进一步优化升级。

2.2.4 清蜡剂 JRQ-6 现场应用评价

实验 2 井次，A 井、B 井，现场试验表明：JRQ-6 清蜡剂采用常规的加药无明显效果，需要对 JRQ-6 清蜡剂的加药方式进行摸索。

2.3 水基清蜡剂现场应用

前期实验 5 口井，其中含水高于 70% 三口井应力下降明显，应力平均下降 1.6；含水低于 70% 的应力下降不明显（G65-52 应力下降 0.3，G12-32 应力下降 0.84），判断水基清蜡剂对含水高于 70% 油井清蜡效果好。

3 明确了油井加药制度（见表 3）

表 3 使用水基清蜡剂效果统计

序号	井号	日产液	日产油	加药量	加药前杆应力	加药后杆应力	应力差	效果
		(t)	(t)	(kg)				
1	G65-52	2.34	1.71	100	12.9	12.6	-0.3	不明显
2	G12-32	2.53	1.58	100	12.63	11.79	-0.84	有效果
3	G37-5	15.41	2.33	100	12.2	11.02	-1.18	明显
4	G88-39	9.39	1.68	100	13.01	11.61	-1.4	明显
5	G5-35	12.35	3.22	100	14.84	12.58	-2.26	明显

3.1 通过精细分析、精益管理，效果跟踪摸索出不同油井的基本加药制度（见表 4）

表 2

清蜡剂名称	序号	清蜡剂浓度 / 体积 (ml)	A 井			B 井		
			水浴前质量 (g)	水浴后质量 (g)	溶蜡速率 (g/min)	水浴前质量 (g)	水浴后质量 (g)	溶蜡速率 (g/min)
JRQ-3 清蜡剂	1	20%/4	1	0.76	0.004	1	0.95	0.0008
	2	40%/8	1	0.87	0.0021	1	0.93	0.0012
	3	60%/12	1	0.77	0.0038	1	0.94	0.001
	4	80%/16	1	0.47	0.0088	1	0.9	0.0017
	5	100%/20	1	0.54	0.0077	1	0.91	0.0015
JRQ-6 清蜡剂	1	20%/4	1	0.76	0.004	1	0.91	0.0015
	2	40%/8	1	0.87	0.0021	1	0.9	0.0017
	3	60%/12	1	0.77	0.0038	1	0.94	0.001
	4	80%/16	1	0.47	0.0088	1	0.79	0.0035
	5	100%/20	1	0.54	0.0077	1	0.88	0.002

表4 不同类型油井加药制度表

油井分类	油量分类	含水 < 70%	加药制度	含水 > 70%	加药制度
正常生产油井	油量 > 8 吨	油基 JRQ-3	300Kg/ 月	水基清蜡剂	300Kg/ 月
	5 吨 < 油量 ≤ 8 吨	油基 JRQ-3	200Kg/ 月	水基清蜡剂	200Kg/ 月
	3 吨 < 油量 ≤ 5 吨	油基 JRQ-3	150Kg/ 月	水基清蜡剂	150Kg/ 月
	2 吨 < 油量 ≤ 3 吨	油基 JRQ-3	100Kg/ 月	水基清蜡剂	100Kg/ 月
	1 吨 < 油量 ≤ 2 吨	油基 JRQ-3	100Kg/2-3 月	水基清蜡剂	100Kg/2-3 月
供液不足油井	油量 > 3 吨	油基 JRQ-3	150Kg/ 月	水基清蜡剂	150Kg/ 月
	1 吨 < 油量 ≤ 3 吨	油基 JRQ-3	100Kg/ 月	水基清蜡剂	100Kg/ 月
	油量 < 1 吨	油基 JRQ-3	100Kg/2-3 月	水基清蜡剂	100Kg/2-3 月

表5 清蜡剂加入后油井见效时间统计表

达到最低载荷时间	高深北	高深南	高中深北	高中深南	合计
< 24h	316	87	123	89	615
24h-48h	91	36	33	36	196
48h-72h	23	6	5	13	47
> 72h	5	4	2	3	14
合计	435	133	163	141	872
平均时间	20.87h	22.56h	19.69h	24.19h	21.44h

3.2 确定低液量油井加药制度

对 233 井次供液不足（液量 < 5 吨）油井进行了精细分析，得出结论：

①对部分低液量、较低含水的油井，拮别加入 50kg 和 100kg 清蜡剂进行效果对比，总体来说加入 100kg/ 月药剂效果较好。②部分低液量油井可结合分析情况，结合现场效果，选择 50kg/ 次与 150kg/ 次交替加入不同质量药剂，提高加药实际效果。

4 提出清蜡剂见效时间分析方式

4.1 统计加药见效时间

对每井次加药见效时间进行了分析统计，弥补了效果评价的空白，见效时间 > 72 小时油井主要为供液不足油井、液面较浅油井，为低液量油井效果评价起到指导作用（见表 5）。

4.2 加药见效时间差异性

油井平均见效时间为 21.44 小时，见效时间 < 24 小时油井井次占比 70.5%，见效时间 < 48 小时油井井次占比 93.0%，见效时间 > 72 小时油井主要为供液不足油井、液面较浅油井。

5 形成适合清蜡工艺技术序列

清蜡剂评价优化、现场试验，制定加药制度等措施形成适合第四工区的清蜡工艺技术序列。

5.1 优化加药周期

调整加药井的加药周期和加药量，摸索油井的结蜡周期，按照结蜡周期加药。

5.2 优化加药周期

通过对自研药品进行升级调整评价了对现场蜡样的溶解效果，摸清了清蜡剂效果。

6 经济效益

全年工区清防蜡费用保持不变。通过清蜡剂效果的优化，降低工区自循环洗井费用 65.4 万元，节约电加热动力费 11.2 万元，降低泵车热洗清蜡费用 27 万元，直接创造经济效益 103.6 万元。通过减少泵车洗井 27 次，避免产量损失 400 吨，产生效益约 179 万元。

7 结语

通过实验室对清蜡化学药剂的性能评价，清蜡剂评价优化、现场试验，制定加药制度等措施形成科学的清蜡工艺技术序列。随着油田开发的不断深入，原油物性逐渐变差，药剂选型和加药制度不能一成不变，需要定期开展药剂评价，实现化学清蜡的持续高效。

参考文献：

- [1] 李瑞达. 油田化学清防蜡技术研究综述. 油气田地面工程, 2023.07.
- [2] 熊瑞颖. 化学清防蜡体系研究现状与发展. 应用化学, 2024.03.

作者简介：

田瑞涛 (1986-)，男（汉族），河北永年人，助理工程师，2013 年毕业于中国石油大学（华东）石油工程专业，现从事油田开发相关工作。