

塔河九区凝析气井沉积物分析及清防蜡技术适应性研究

欧阳冬, 李淑杰, 邢钰, 刁先伟
(中国石化西北油田分公司, 乌鲁木齐 830011)

摘要:针对塔河九区酸性凝析气井清蜡难题,通过 X 衍射、能谱分析、红外光谱、DSC 测试等多种现代测试分析手段,对九区沉积堵塞物的组成及物化性质进行分析研究。区别于常规凝析油沉积蜡特征,九区堵塞物主要为微晶蜡,熔点在 82 ℃ 以上。明确蜡样特征并结合气井的实际生产情况,确定了九区清防蜡工艺,即油溶性化学清蜡剂辅助加热清蜡技术和细管加注防蜡剂的防蜡技术。

关键词:微晶蜡;凝析气井;清防蜡技术;塔河九区漏失井;井控;完井测试管柱;声纳液面监测;塔河油田

中图分类号: TE349

文献标识码: A

Research of paraffin removal & controlling techniques of gas condensate wells in 9th district of Tahe Oilfield

Ouyang Dong, Li Shujie, Xing Yu, Diao Xianwei

(SINOPEC Northwest Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: In view of the difficulties of paraffin removing in acidic condensate gas wells in the 9th district of the Tahe Oilfield, we analyzed the composition and physical/chemical property of sedimentary clogs by means of X-ray diffraction, energy spectrum, infrared spectrum and DSC tests. Different from paraffin deposited in conventional condensate gas wells, the clogs in the 9th district were mainly microcrystalline wax, with melting temperature above 82 ℃. According to wax features and field work situations, a paraffin removal technique with oil soluble chemical paraffin removal agent and paraffin inhibitor through slim tube was recommended for the study area.

Key words: microcrystalline wax; condensate gas well; paraffin-removing technology; 9th district of Tahe Oilfield; well control; testing pipe for well completion; sonar liquid level monitoring; Tahe Oilfield

塔河九区奥陶系酸性凝析气藏目前投产井 6 口,高含蜡(6.9%~15%),井筒堵塞严重,解堵周期频繁,且取出井筒内沉积堵塞物后,采用各种酸、碱、有机溶剂以及常规清蜡剂在常温下均难以溶解,因此有必要采用多种测试手段来弄清沉积物的物化性质、物质组成等特性。同时针对该特性结合九区凝析气井的实际生产情况进行清防蜡适应性研究,提出适用于该区块的清防蜡技术。

1 堵塞物分析

提出了采用化学蒸馏、X 衍射、扫描电镜、红外光谱、DSC 测试、模拟蒸馏等多种测试手段,研究凝析气井 TK916 井沉积堵塞物的分析技术。

1.1 化学组成

利用化学方法对 TK916 井堵塞物组成含量进行测定。TK916 井沉积物中蜡含量为 70.8%,胶质含量

为 16.1%,沥青质为 4.7%。但提取出的蜡利用氢氧化钠、稀盐酸、二甲苯、甲苯以及常规清蜡剂等常温下对该沉积堵塞物及其提取物进行溶解试验,均难溶。为明确其组成,有必要做进一步对比分析。

1.2 红外光谱

红外光谱分析可得样品中可能含有的官能团,进而推测出所含物质。对 TK916 井沉积物进行红外光谱测试,并与 50 号商品蜡进行比较(图 1,2)。

由红外光谱分析对比可知,2 种物质的红外光谱图较相似,C-H 饱和键明显,说明该沉积物中存在较多蜡,且存在羟基和羧基等官能团,可能含胶质沥青质等物质。

1.3 能谱分析

扫描电镜能谱分析可测出元素周期表中第 4 位以后的元素(表 1)。TK916 井沉积物中 C 元素相对含量较高,O 元素含量相对较低,未发现其他

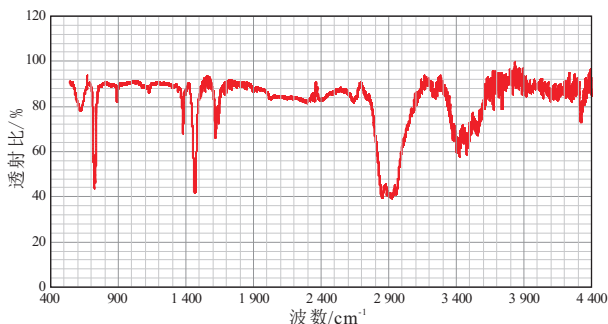


图 1 50 号商品蜡红外光谱

Fig.1 Infrared spectrum of no. 50 commercial wax

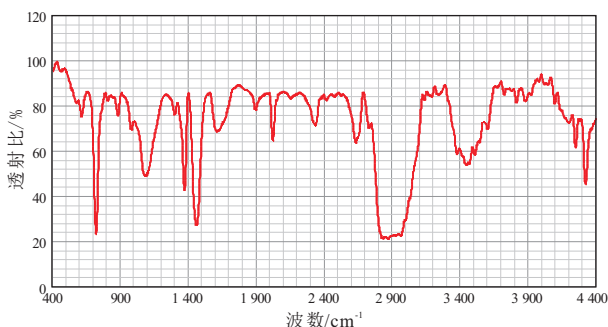


图 2 塔河九区 TK916 井堵塞物红外光谱

Fig.2 Infrared spectrum of clogs in well TK916, 9th district of Tahe Oilfield

表 1 能谱分析中元素相对含量

Table 1 Relative contents of elements by spectrum analysis

元素	质量分数/%	原子分数/%
CK	94.40	95.74
OK	5.60	4.26

表 2 塔河九区 TK916 井 DSC 测试结果

Table 2 DSC testing results of well TK916, 9th district of Tahe Oilfield

名称	蜡含量/%	析蜡点/℃
50 号商品蜡	89.20	53
TK916 井沉积物	67.00	82
TK916 井沉积物提取物	96.70	87

元素或其他元素太少可忽略不计,排除其含一定量单质硫或硫化物的猜测。

1.4 DSC 测试

DSC 测试可分析得到样品中蜡的含量^[1-2]。对 TK916 井沉积物及提取物进行 DSC 测试,且与 50 号商品蜡进行对比,测试可计算出各自的蜡含量及各自的析蜡点(表 2)。

由此分析可知,50 号蜡中蜡含量为 89.2%,TK916 井沉积物中蜡含量为 67%,与化学方法测试

表 3 实沸点模拟蒸馏结果

Table 3 Simulated distillation of true boiling point

碳数	含量/%
<10	0.4
10~16	7.5
17~20	14.5
20~40	64.9
>40	12.7

表 4 不同蜡晶结构特征

Table 4 Structural characteristics of different wax crystals

主要特征	粗晶蜡	微晶蜡
组分	正构烷烃	0~15
含量/ %	异构烷烃	15~30
	环烷烃	65~75
碳数分布	C ₁₆ ~C ₃₀	C ₃₁ ~C ₆₀
化学结构	主要是直链分子,包含少量支链分子,个别有芳烃;支链分布在碳链末端	大部分为支链分子,少量直链分子;支链分布在任意位置
分子量	350~420	500~800
熔点范围/℃	40~70	60~90

结果 70.8% 很接近,说明该沉积物中确实存在大量蜡;而该沉积物的析蜡点达 82℃,提取物析蜡点为 87℃,远高于常规石蜡,表明该沉积物中蜡不为常规石蜡,极可能为析蜡点高的微晶蜡。

1.5 模拟蒸馏

模拟蒸馏可根据不同温度下的收率推算出碳数含量。利用 CS₂ 加温溶解 TK916 井沉积物,取下层清液进行模拟蒸馏(表 3)。该堵塞物中碳数分布较广,且高碳物质所占比例较高,根据不同蜡晶结构特征(表 4),可知该提取蜡中含大量微晶蜡。

综上分析,塔河九区酸性凝析气井沉积堵塞物中含大量高熔点、高析蜡点微晶蜡,一定量胶质、沥青质和极少矿物质,有别于一般凝析油沉积蜡特征,增大了该区块的清防蜡作业难度。

2 清防蜡技术适应性分析

九区奥陶系酸性气藏气井具有 H₂S 含量高(最高 2 479×10⁻⁶)、CO₂ 含量高(体积 1.46%)、压力高(≥40 MPa,气液比 6 000~20 000 m³/t)、含水率低、油样含蜡量高、凝固点高、沉积物熔点高等特点,选择清防蜡技术必须考虑这些因素,以适应九区奥陶系酸性气藏气井清防蜡。

2.1 常规机械清蜡难以适用

机械清蜡对镍基合金油管存在影响,清蜡工具的腐蚀断脱风险高,井下安全阀缩颈,遇卡风险高,

表 5 常规热力清防蜡技术的应用情况

Table 5 Application situation of conventional heating technology in wax removal and wax prevention

序号	技术名称	作用	技术概况	9 区奥陶系适应性	应用情况
1	电热杆加热	长期防蜡	相对成熟技术	电缆密封承压低 (<25 MPa), 高压气井加热温度场有待研究	稠油降黏成功应用 6 口井
2	电缆加热		前期探索应用, 技术不成熟	电缆密封承压 (<25 MPa), 技术不成熟, 不适用	稠油降黏应用 1 口井
3	油管加热		前期探索应用, 技术不成熟	含水易短路, 不适用	稠油降黏应用 1 口井失败
4	化学加热	清蜡解堵	碱金属等反应放热	安全性差, 井筒完全堵死情况下不适用	轮南应用 10 余井次后停止
5	热油加热	清蜡解堵	热油车加热, 成熟技术	需明确结蜡周期, 井筒完全堵死情况不适用	已应用于清蜡

清蜡防喷要求较高, 井控风险大, 导致常规机械清蜡难以适用。

2.2 常规热力清防蜡难以适用

常规热力清蜡包括电热杆、电缆、油管、化学、热油等加热方式(表 5)。常规热力清蜡效率低、安全性差。九区的熔蜡温度高达 87 °C, 清蜡温度必须加热到 87 °C 以上, 可能达到油的安全极限。

2.2.1 热油清蜡效率低、安全性差

在井筒未完全堵死条件下, 定期正注加热温度不低于 70 °C 的稀油 5 m³, 可平推热稀油至 3¹/₂ 油管 1 200 m 处, 排量 0.1~0.3 m³/min^[3]。九区的熔蜡温度高达 87 °C, 清蜡温度必须加热到 87 °C 以上, 可能达到油的安全极限, 安全性差, 而且热油清蜡效率低、清蜡时间长(表 6)。稀油热洗、放喷吐蜡为主, 频繁处理, 出蜡规律难掌握, 难以连续生产。以 TK916 井蜡堵处理为例, 正注稀油 1.8 m³ 无效, 2 次连续油管解堵后随压力恢复逐渐憋通, 前后停产 53 d。

2.2.2 电热杆或电缆加热对气井清防蜡效率低、安全性差

油管中下入电热吊杆或加热电缆, 通过电缆供电加热, 工作温度可达到 260 °C 以上, 加热深度可达 1 800 m 以下。对于气井由于产液量低, 温度很难达到熔蜡和析蜡温度, 清蜡和防蜡效率都很低, 而且九区的熔蜡温度高达 87 °C, 清蜡温度必须加热到 87 °C 以上, 可能达到油的安全极限, 安全性差。例如, 2001 年 5 月对 S71 井实施电缆加热技术, 电缆下深 2 370 m, 电加热功率最高为 150 kW。

表 6 热油清蜡技术应用情况

Table 6 Application situation of hot oil in wax removal

井号	油压	清蜡方式	处理周期/d
TK915	45	稀油热洗	10~18
TK915-1X	2	稀油热洗	13~36
S101	45	稀油热洗	20~30
TK916	34.2	稀油热洗 放喷吐蜡	11~30

后因产液温度偏低(35~60 °C), 原油黏度高, 流动性极差, 无法正常生产而停止。加热清防蜡的缺点是工艺耗能大, 成本高; 施工工艺复杂, 加热功率的大小不易控制。

2.2.3 油管加热清防蜡效率低、安全性差

将油管本体作为电阻发热载体能体, 发热温度高达 400~500 °C, 管柱下入深度大, 且不影响采油。2001 年 5 月对 TK605 井实施油管电加热降黏技术。电加热油管下入深度 2 800 m, 在电加热油管末端下有油套接触器, 加热功率为 0~150 kW。油管加热缺点是含水高和矿化度高, 加剧油管电化学腐蚀; 油管加热的电缆密封不严, 含水后在油套接触器以上易形成短路。

2.3 强磁防蜡效率低

强磁防蜡技术主要应用于油井, 其防蜡失效及凝析气井的最佳磁处理条件等都还在研究中^[4]。目前油井强磁防蜡率只有 45%。全油管磁化防蜡技术应用于凝析气井的适应性需要进行研究。塔河三厂应用 2 井次, 前后对比效果不明显。

2.4 微生物清防蜡技术不适合凝析气井

微生物清防蜡技术^[5]是针对油井提出的, 对于凝析气井井筒没有连续的蜡油, 不利于微生物生长, 因此微生物防蜡的可能性不大, 但当气井堵死时, 可以利用微生物清蜡, 时间长。

2.5 油溶性化学清防蜡技术适合凝析气井

化学清防蜡技术适合九区凝析气井(表 7)。但是九区油样含蜡量高、凝固点高、蜡沉积物熔点高、低含水, 油套环空不连通, 化学清防蜡技术必须考虑这些因素。因此应采用油溶性化学清蜡剂辅助加热清蜡技术以及细管加注防蜡剂的防蜡技术, 以经济高效解决该区块井筒蜡堵问题。

3 结论

(1) 提出了采用多种现代测试分析方法(化学

表 7 化学清防蜡技术
Table 7 Chemical paraffin removal & control techniques

序号	名称	作用	技术概况	缺点
1	油基清蜡剂	清蜡解堵	清蜡剂主流方向	有毒有害,可燃,安全性差
2	水基清蜡剂	清蜡解堵	将油基清蜡剂水包油乳化,并筒破乳释放,安全环保	清蜡效果差
3	聚合物型防蜡剂	长期防蜡	防蜡剂主流方向共晶和分散作用防蜡	配方需与蜡结构匹配
4	稠环芳香烃型防蜡剂	长期防蜡	煤焦油副产品早期重要的防蜡剂	效果有限,应用越来越少
5	表面活性剂防蜡剂	长期防蜡	油溶性通过吸附作用防蜡水溶性在管壁形成水膜	防蜡效果有限

蒸馏、能谱分析、红外光谱、DSC 测试、模拟蒸馏)来研究塔河九区凝析气井沉积堵塞物的物化性质、物质组成等特性的技术;研究表明沉积物中含大量高熔点、高析蜡点微晶蜡,一定量胶质、沥青质和极少矿物质,熔点在 82 ℃ 以上,有别于一般凝析油沉积蜡特征,加大了该区块的清防蜡作业难度。

(2) 针对塔河九区沉积物的性质,结合凝析气井的实际生产情况进行清防蜡适应性研究。研究表明该区块应采用油溶性化学清蜡剂辅助加热清蜡技术,以及细管加注防蜡剂的防蜡技术,以经济高效解决该区块井筒蜡堵问题。

参考文献:

[1] 李鸿英,黄启玉,张帆,等.用差示扫描量热法确定原油的含蜡量[J].石油大学学报:自然科学版,2003,27(1):60-62.
 [2] Pedersen K S.Prediction cloud point temperatures and a mount of wax precipitation ,SPE 27629 [R].SPE Production & Facilities, 1995:48-51.
 [3] 张琪,万仁溥.采油工程方案设计[M].北京:石油工业出版社,2005:120-130.
 [4] 余燕,刘建仪,白杨,等.托甫台磁防蜡动态实验研究[J].天然气勘探与开发,2011,34(2):46-49.
 [5] 王静,高光军,徐德福,等.清防蜡菌种的评价及现场试验[J].石油钻采工艺,2006,28(1):52-55.

(编辑 黄娟)

(上接第 80 页)

(3) 部分油井如 TH12159、TH12227H 井动液面目前仍较高,未完全抽下去,后期需继续跟踪动液面的变化情况,继续评价。

(4) 对于深抽无效的井,如 TH10231 井,目前还未完全认识清楚,有待进一步的分析评价。

参考文献:

[1] 焦方正.塔河碳酸盐岩缝洞型油藏开发研究与实践[M].北

京:石油工业出版社,2008:19-21.

[2] 李培廉,张希明,陈志海.塔河油田奥陶系碳酸盐岩油藏开发[M].北京:石油工业出版社,2005:46-50.
 [3] 罗娟,陈小凡,涂兴万,等.塔河缝洞型油藏单井注水替油机理研究[J].石油地质与工程,2007,21(2):52-55.
 [4] 陶自强,吕中锋,李红平.水驱特征曲线在可采储量标定中的应用探讨[J].新疆地质,2006,12,24(4):447-449.

(编辑 叶德燎)