

中东M油田两种沥青成因、分布及治理措施研究

苏崇华, 戴卫华, 刘 晖, 翟广福, 黄颖辉, 苏作飞

中海石油国际能源服务(北京)有限公司, 北京

收稿日期: 2024年11月13日; 录用日期: 2024年12月16日; 发布日期: 2024年12月30日

摘 要

为了评价中东M油田储层沥青和生产析出沥青对开发生产的影响, 减少储层沥青对钻井的危害, 提出析出沥青生产井的增产措施和预防措施, 做好油田管理, 本文分析了中东M油田钻遇沥青井的地质油藏情况, 研究了不同层位沥青的物理、化学性质, 分析了M油田储层沥青的形成机理, 沥青对开发的危害, 并对储层沥青分布进行了预测。本文同时分析了生产井出现沥青堵塞的状况、析出沥青机理和分布规律, 研究了解堵措施, 以及已实施井的成功经验启示, 为类似油田出现的沥青问题, 提供了研究和解决措施。

关键词

储层沥青, 热化学硫酸盐还原作用, 水洗, 析出沥青, 胶束, 聚集体, 胶体不稳定性指数, 有机溶剂, 酸化

Study on Origin, Distribution and Treatment Measures of Two Kinds of Bitumen in M Oilfield in Middle East

Chonghua Su, Weihua Dai, Hui Liu, Guangfu Zhai, Yinghui Huang, Zuofei Su

CNOOC International Energy Services (Beijing) Co., Ltd., Beijing

Received: Nov. 13th, 2024; accepted: Dec. 16th, 2024; published: Dec. 30th, 2024

Abstract

In order to evaluate the impact of reservoir bitumen and producing precipitated asphalt on development and production in M oil field in the Middle East, reduce the harm of reservoir bitumen to

文章引用: 苏崇华, 戴卫华, 刘晖, 翟广福, 黄颖辉, 苏作飞. 中东 M 油田两种沥青成因、分布及治理措施研究[J]. 石油天然气学报, 2024, 46(4): 511-519. DOI: 10.12677/jogt.2024.464064

drilling, propose stimulation and prevention measures for precipitated asphalt production wells, and do a good job in oilfield management, this paper analyzes the geological reservoir conditions of drilling into bitumen wells in M oil field in the Middle East, and studies the physical and chemical properties of bitumen in different layers. This paper analyzes the formation mechanism of reservoir bitumen in M oilfield, the harm to development of oil field, and predicts the distribution of reservoir bitumen. At the same time, this paper analyzes the situation of asphalt plugging in production wells, the mechanism and distribution of asphalt precipitation, studies and understands the plugging measures, and the successful experience of the implemented wells. The research and solution measures are provided for the bitumen/asphalt problems in similar oil fields.

Keywords

Reservoir Bitumen, Thermochemical Sulfate Reduction, Water Washing, Asphalt Precipitation, Micelle, Aggregate, Colloidal Instability Index, Organic Solvent, Acidification

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

通过对中东 M 油田近 13 年开发生产史的研究,发现 M 油田存在两种类型沥青。一种是新井钻井过程中遇到的沥青 bitumen,属于储层沥青,它是在早期成藏过程中形成的。另一种是油井在生产过程中,原油因原有的压力、温度和成分的平衡被打破,使原有溶解在原油中的高分子量组分或重质组分析出的沥青 Asphalt,属于次生沥青[1][2]。

为了解决 M 油田在钻新井开发过程中的卡钻问题和在老井生产过程沥青析出降低产量的问题,开展了本研究。通过本文研究可以认识 M 油田储层沥青的物理、化学性质,地质成因类型,通过对储层沥青分布规律分析,为后期钻新井坚定了信心;通过对生产井沥青析出沉淀分析,沉淀原理及其对生产的影响,析出沥青分布规律研究,解堵措施研究,优选了解堵措施,并得以实施,取得了好的增产效果。本文给类似油田出现的沥青对开发生产影响问题,提供了解决措施,为开发生产工作者提供了借鉴。

2. 新井钻遇储层沥青研究

2.1. 新井钻遇储层沥青情况简介

本文研究了 M 油田 2012~2023 年新钻的多口井,结果表明有 6 口新井钻遇储层沥青,各井钻遇沥青的深度、小层层位、气测情况,测井解释、钻井风险,见表 1。在 M-B 油田,有 M-B-S3 区的 4 口井,钻井受到沥青的影响;在 M-F 油田,有 M-F-57 D 钻遇沥青,对钻井作业影响较小;在 M-A 油田,有 M-A-37 钻遇沥青,未对钻井作业产生影响。

储层沥青物理特性(见图 1)。

1) Mishrif 层沥青:深黑色,块状,少量片状,易碎,手略脏,不与盐酸反应,直接光照无荧光,易燃有臭味,典型井 M-B-100 H/139 H/104 H。

2) Asmari 层沥青:黑色,非常柔软,沥青光滑,断裂不均匀,易碎,易变成黑色粉末,直接照明无荧光,蓝白荧光,典型井 M-F-57 D。

Table 1. Statistics of bitumen encountered in new wells drilled in M oilfield
表 1. M 油田新井钻遇沥青统计

井号	井型	钻井时间	钻遇时间	钻遇深度		钻遇层位	气测异常	测井解释该段结论	钻井风险
				MD (m)	TVD (m)				
M-B-100 H	产油井	2019.1.1	2019.4.6	4534~4536.85	3846	MB21-II	气高峰 @ 4536.00 m 含气少 T GAS: 75913 ppm C1: 44124 ppm C2: 13646 ppm C3: 4046 ppm peak @ 4578.00m T GAS: 57758 ppm C1: 24153 ppm C2: 5296 ppm C3: 2202 ppm iC4: 362 ppm	参照气测，上部解释为油层，后面是沥青层，停钻完井	容易造成卡钻，该井随后停钻完井
BM-B-139 H	产油井	2021.5.27	2021.9.5	4578~4578.91	3868.74	MB21-II	沥青层		
M-B-152 H	产油井	2022.2.11	2022.5.1	4420~4426	3868.64	MB21-I&II	TG: 56096 ppm @4423m MD	根据电阻和气测，解释油	
M-B-104 H	注水水平井	2022.8.11	2022.11.28	4704~4706	3956.33	MB21-VII-VIII	气测值由 2453 ppm 上升至 79013 ppm。	钻杆传输测井 PCL 在 4705 mMD 以上解释水层	硬质沥青频繁憋卡钻头，无法继续钻进
M-F-57 D	产油井	2021.9.23	2021.12.11	3180~3194	3050.67	Asmari B1	Gas peak @ 3185.00 m T GAS: 29853 ppm C1: 14574 ppm C2: 4382 ppm C3: 3025 ppm iC4: 482 ppm nC4: 1497 ppm	3185.8 mMD 以上解释砂岩油层；以下是沥青层；黑色，非常柔软，沥青光滑上不均匀断裂，易碎，容易变成黑色粉末，直接照明无荧光，采用蓝白荧光。	3180 m，低含量沥青，对扭矩影响不大，3180~3194 m；继续钻进至完钻。
M-A-37	产油井	2015.1.15	2015.3.9	2897~2947	2897	Asmari A1-A3U	油显：(2898~2902, 2907~2909, 2913~2914, 2919~2920) m, 15%淡黄色直接荧光，缓慢流乳白色切割荧光，D 级，轻微油味。	白云石：浅灰色到灰白色，偶有中浅灰色，主要为 CaMgco3，坚硬，与热酸反应强烈，部分为微量沥青，局部为硬石膏，偶有荧光。解释油层或者差油层	局部含有微量沥青



Figure 1. Map of bitumen cuttings encountered by drilling in M oilfield development well
图 1. M 油田开发井钻遇储层沥青岩屑图

储层沥青化学特性:

- 1) 沥青岩屑溶解实验结果: 在 90℃ 的淡水和 90℃ 的 20% 盐酸中沥青不溶; 在 90℃ 有机溶液(PA-OS3) 中溶解半小时, 沥青溶解率大于 90%, 可溶于有机溶剂; 沥青加热软化, 软化温度大于 100℃。
- 2) 储层沥青在地温条件下呈半固态, 蠕变强; 若钻遇储层沥青, 地层迅速蠕动, 包围钻头, 易造成环空堵塞, 泵压力升高。

2.2. 储层沥青成因类型及识别

通过对国内文留油田、四川盆地、塔河中区西北部奥陶系碳酸盐岩储层沥青特征及成因沥青形成原因的调研, 取得了如下认识:

1. 文留油田沥青[3]: 原油组分重力分异和轻质组分的损失是造成文留油田出现沥青的根本原因。沥青垫层地球化学特征和测井资料表明, 文留油田沥青垫层的形成主要是由于地层水长期侵蚀氧化所致。
2. 四川盆地早古生代地层沥青[4]: 这些沥青与原油热变质作用有关, 块状或层状分布, 形成黑色层状, 分为 3 类: 1) 原生沥青, 形成于烃源岩成熟阶段; 2) 自产自储沥青; 3) 储层沥青, 在碳酸盐岩中充填于晶洞、晶间、晶孔中。
3. 塔河中区西北部奥陶系碳酸盐岩储层沥青: 有四种, 即石油沥青、胶体沥青、沥青质沥青和碳质沥青。高反射率的碳质沥青可能是早期沥青长期热演化或热事件的产物; 具有较低荧光反射率的沥青, 可能是油气后期充注的产物。

经过对国内外储层沥青形成原因的分析, 结论为:

- 1) 沥青主要由油气运移或油气储层破坏形成, 其中氧化、生物降解和水洗是常见的成因类型。沥青是记录油气成藏过程的关键物质信息, 沥青的成因与特定地质条件下的油气成藏过程相匹配。
- 2) 中东扎格罗斯褶皱带主要成藏组合为三叠系、侏罗系、白垩系和第三系。M 油田 MISHIRIF 储层经历了白垩纪的成藏过程, 白垩纪是 MISHIRIF 储层的主要形成期之一, 这是 MISHIRIF 的大规模油气聚集期。储层沥青形成的原因有: (1) 由于这一时期构造活动强烈, 大量油气储层被破坏。(2) M 油田地区发生了火山运动等区域性热事件, 古油藏破坏引起的热异常也可形成沥青。
- 3) 储层沥青的形成, 一般包括以下 6 类:
 - ① 热成熟或热转化: 其成因机制类似于干酪根热降解生油;
 - ② 热化学硫酸盐还原作用(TSR): 包括甲烷气与硫酸盐矿物的相互作用以及原油和早期沥青的硫酸盐还原;
 - ③ 微生物硫酸盐还原作用(BSR): $H_2S + \text{烃类} \rightarrow S_0 + \text{变质烃类(沥青)}$;
 - ④ 生物降解: 亲氧细菌对碳氢化合物的氧化/分解, 包括广义的 BSR;

- ⑤ 水洗：多伴有微生物降解，水洗多发生在油水界面，其产物类似于生物降解；
- ⑥ 气洗：主要是指充注原油的油藏被外来气改造而引起的烃类的脱沥青作用。

M 油田的 MISHRIF 层具有与 ABU Dhabi 相似的地质现象，被认为属于热化学硫酸盐还原作用 TSR，主要发生在连续埋藏和深埋碳酸盐成岩体系中，它还包括不整合面附近的微生物硫酸盐还原作用 BSR 和水洗作用。

2.3. 储层沥青分布预测

总结在 M 油田新钻 260 多口井，仅 4 口 M-B 井受到沥青影响钻井作业，M-F-57 D 对钻井作业影响不大，M-A-37 对钻井作业没有影响。钻遇沥青的概率很小(2.3%)，钻遇沥青影响钻井作业的概率更小(1.5%)。通过膨胀封隔器隔离沥青区，规避了沥青区对生产的影响，并且沥青井后期生产正常，措施取得成功，后期无需担心。

原生储层沥青在 M 油田分布是零星的，钻遇概率是很低的，预测可能只是在 M-B-S3 区过渡带会碰见少量井钻遇储层沥青。

3. 析出沥青对油田生产的影响研究

3.1. 生产井沥青沉淀分析

M 油田在 2012~2024 年，总计发现出现沥青有机垢的井 44 口，包括 M-B-115 H、162 D、62 H、73 H、49、23、24、25、18、10、27、40、3、20、13、41、7、33、38、37，小计 20 口；M-BN-57 H、59、107 H、130、157 D、56 H、83 H、108 H，小计 8 口；M-F 区 16 口。实际上，真实发生沥青析出的井要高于这个数目，原因是很多井在检泵时，电泵取出之前会压井和循环洗井，导致大部分电泵和油管取出时看起来都很干净(表面附着的沥青被冲洗掉了)，但是不排除井筒内部曾经有沥青有机垢的存在，见图 2。

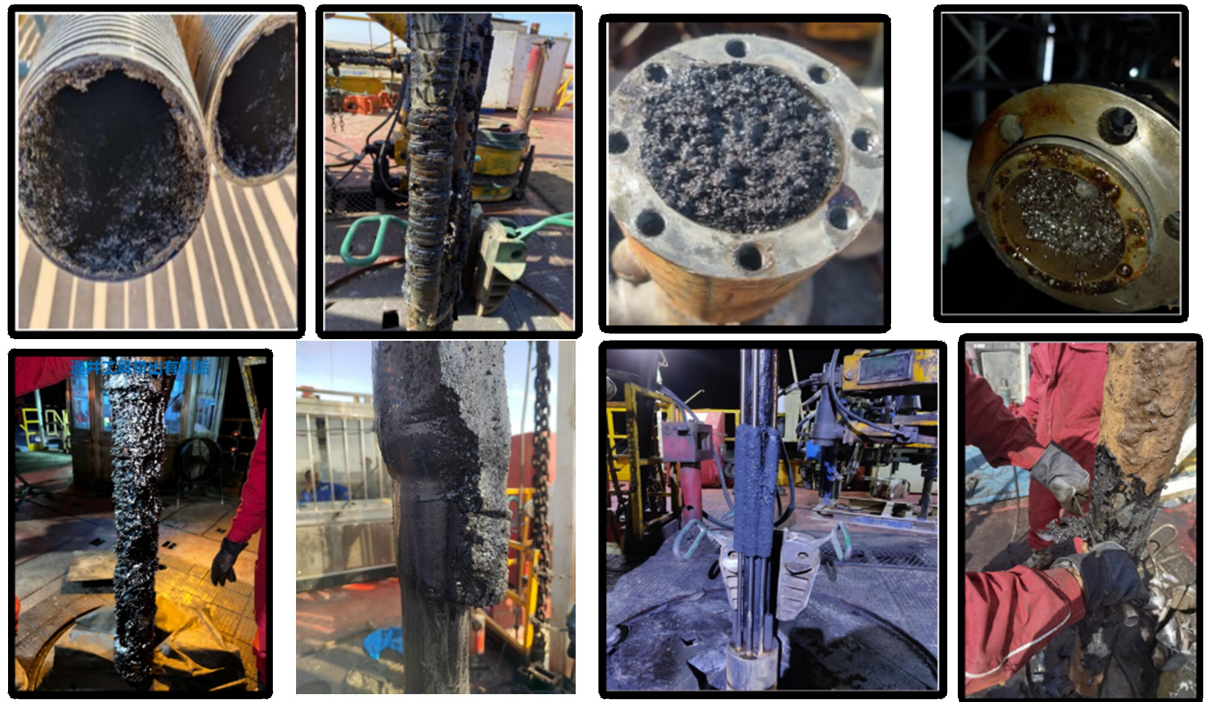


Figure 2. Asphalt sample of production well in M oilfield
图 2. M 油田生产井在管柱析出的沥青样图

3.2. 沥青沉淀原理及其对生产的影响

Table 2. Main factors affecting asphalt precipitation
表 2. 影响沥青析出的主要因素

序号	因素	效果
1	压力	最大影响因素。油藏压力的降低，可以使沥青质不稳定，直到达到原油泡点，之后稳定性趋于增加。未饱和油对压力特别敏感。
2	温度	变化影响。根据不同的油类型，沥青质的稳定性会随着温度的变化而增加或降低。
3	酸化措施	酸处理会破坏沥青质的稳定性，特别是在沥青质含量高的稠油中。不稳定的沥青质被吸引到油水界面，导致形成稳定的乳液和酸化污泥。
4	气举	通过轻烷烃剥离树脂，来破坏沥青质的稳定。尽管沥青质不稳定，但它可以通过增加流体速度来减少沉积。
5	液体混合	轻质与富含饱和烃的流体，如凝析油与较重的油混合，会导致沥青质沉淀并形成污泥和乳液。
6	注气	注入 CO ₂ 、N ₂ 或混相烷烃会导致沥青质不稳定，导致地层受损或生产井堵塞。

在储层条件下，沥青质以胶束形式存在于油相中，胶束被树脂稳定。树脂具有与沥青质相似的化学特性，但分子量较低[1]。实际上，沥青质可以被认为是溶解在油中的原油的高分子量组分。在生产过程中，沥青会因压力、温度和原油化学成分的变化而不稳定，进而沉淀。沥青沉积的风险取决于析出程度和流动条件。不稳定性的发生是由于沥青质胶束的直接物理、化学环境的变化。一旦沥青质不稳定，它们就会沉淀并开始絮凝成更大的聚集体，进而出现沥青析出。

通过对 M-B-41 井下原油样品进行常规 PVT 分析，提供的成分数据里包括：正庚烷 n-Heptanes 占 2.83%，正戊烷 n-Pentane 占 2.04%，这两项是沥青里的主要烷烃物质；还有苯 Benzene 占 0.13%，甲苯 Toluene 占 0.34%，E-苯 E-Benzene 占 0.12%，间对二甲苯 M/P-Xylene 占 0.29%，邻二甲苯 O-Xylene 占 0.2%，这五项是沥青里的芳烃物质。

通过对 M-B-41 井口原油样品加热至 260℃，进行 SARA (饱和烃 S、沥青质 A、胶质 R、芳香烃 A) 分析，计算出胶体不稳定性指数 CII 为 0.82，CII 在 0.7~0.9 之间时，原油呈中度不稳定状态，获得结论：M 油田原油存在沥青析出的潜在问题。

在油藏 230° F 下，对 M-B-41 油样进行降压实验，获得沥青质沉淀与压力的关系，并测量了沥青质不稳定的析出点，实验表明：庚烷、正戊烷析出点均出现在 4000 PSI，消失点在 2850 PSI。影响沥青析出的主要因素见表 2，关键因素是压力。

随着 M 油田生产，井底周围储层压力进一步降低，使沥青析出，有的沥青留在井底储层周围，有的在井筒析出，附着在油管外壁，或者电泵头，降低了井产量。通过对 M 油田 M-B 区 & M-F 区一些出现生产问题的井评估，得出如下认识：

- ① 与高峰产量相比，一些井的产能指数(PI)下降了 70%，原因主要是地层中的沥青质损害；
- ② 如果没有有效的增产措施去除沥青质损害，下入电潜泵(ESP)修井后，M-B 区 & M-F 区的产液量将低于 1000-1500 桶/天，但如果 PI 能够恢复到之前的水平，产量可能会增加；
- ③ 在修井安装 ESP 之前，建议使用有机溶剂、沥青分散剂和酸化剂进行增产，以恢复 PI；
- ④ 沥青/乳液问题需要持续管理，使用沥青抑制剂和/或破乳剂。应用前应在实验室进行；
- ⑤ 恢复井应下 ESP 泵，以便保持持续生产，特别是对于原来是自喷的井。

此外，在管线和集输系统，沉积可能发生在管线内，也可能发生在节流口附近，导致产量下降，并给清管作业带来问题，也可能会堵塞管道，造成生产事故。在地面设施，沥青质可导致很稳定的乳剂和污泥，引起分离系统、过滤器、热交换器堵塞。见下图 3。



Figure 3. Pipeline events caused by asphalt (Right picture is M-B-41 precipitated asphalt)
图 3. 沥青造成的管线事件(右图是 M-B-41 析出沥青)

3.3. 析出沥青分布规律研究

总结 M 油田生产井沥青的规律如下：

① 从油藏来看，根据沥青析出沉淀的原理可以看出，在局部地层压力低于 3850~4000 PSI 的区域，容易发生沥青沉淀。在生产井井筒周围 2 米范围内的地层，发生沥青沉淀的概率较高。在其他条件一样的情况下，若油藏渗透率越高，则沥青质沉积位置距井底的距离范围就越远；若储层压力越低，则沥青质沉积距井底的距离范围就越远。

② 从发现的析出沥青井来看，沥青沉淀主要在 M-B/M-F 区的 Mishrif 油组；M-B-S 沥青沉淀主要发生在构造脊的西侧，该区采出程度较高，压力较低；M-B-N 主要发生在少数采出程度较高的井区；M-F 主要分布在低压区。根据 M 油田原油沥青质含量分析，Asmari 地层含量约为 4%~6%，低于 Mishrif 地层 6~11% 的含量，Asmari 地层水的天然能量供应充足，因此，Asmari 地层沥青析出可能性小。由于缺乏天然能量，Mishrif 是沥青沉淀的主要目的层。

③ 沥青在井筒沉淀中，主要分布在油管内部、电潜泵 ESP 入口、泵头内部、ESP 管柱外壁、油管外壁和 ESP 外壁。自喷井受沥青影响有 3 种类型，分别是：1) 关井期间沥青泥淤积在井内；2) 硬沥青沉积在油管内；3) 沥青析出沉积在井底储层附近。

采油井近井地带，地层压力下降幅度最大，沥青质析出与沉积现象最为显著，造成原油粘度升高和渗透率下降的幅度也最大，从而导致油井产能下降。在一定的流动状态下，原油中沥青质沉积对一部分储集层孔喉的堵塞是导致储集层渗透率下降的主要原因。随沥青质沉积量增加，储层渗透率恢复值逐渐降低。储层渗透率下降越大，储层损害越严重。

3.4. 解堵措施研究及已实施井的启示

3.4.1. 解堵措施研究

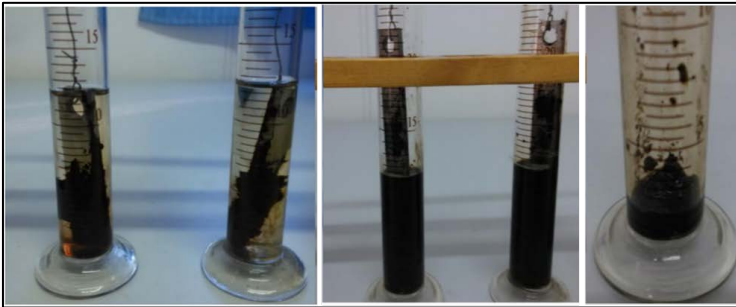


Figure 4. Experiment on the dissolving ability of M-F-27 precipitated asphalt by diesel oil
图 4. M-F-27 析出沥青被柴油溶解能力实验

通过对 M-F-27 析出沥青各种溶剂实验, 柴油溶解能力如图 4 所示。结果表明: 柴油只能部分溶解沉积物(33 wt%), 并使沉积物膨胀。

此外, 分别再对沥青进行生物柴油、溶剂油、二甲苯、甲苯和芳香族溶剂溶解实验, 结果表明: 溶解率从好到差的排序是: 1) 芳香族溶剂 89.6%; 2) 二甲苯 86%; 3) 甲苯 81%; 4) 溶剂油 44%; 5) 柴油 41%, 6) 生物柴油 22%。芳香族溶剂的溶解率最好, 且有较高的闪点, 芳烃(65℃)比二甲苯(30℃)更安全。通常, 现场选择混合溶剂时, 要兼顾安全性和溶解度, 特殊油田专用溶剂需要通过实验室实验进行选择 and 制备。

针对 M 油田, 沥青沉淀堵塞的有效解堵溶液是用有机溶剂(芳香溶剂、二甲苯、甲苯、PA-OS3 溶剂)去除堵塞物, 而柴油、生物柴油、溶剂油, 解堵效果不佳(小于 44%)。

3.4.2. 已实施井的启示

M 油田实施了一些使用有机溶剂解堵的实例, 如 M-F-30, M-B-41, M-B-27 等井, 解堵后, 日增油分别达到 1800 桶/天, 1300 桶/天, 800 桶/天, 增油效果好。取得的经验启示如下:

① 在安装电潜泵 ESP 修井之前, 建议使用“有机溶剂、沥青分散剂和/或沥青抑制剂组合”进行解堵增产, 并进行酸化, 以恢复井产能 PI, 目标是 1.5~2 米的井底地层。

② 通过药剂管线在井下添加沥青抑制剂, 可以防止沥青在油管析出, 减少关井期间沥青在油管中沉淀的问题。

③ 沥青在地层中沉淀后, 会降低地层渗透率, 影响产能; 今后也很难恢复地层渗透率。

4. 认识与措施

4.1. 对储层沥青的认识及措施

① M 油田新钻的 M-B-S3 区 4 口井钻遇储层沥青, 影响了钻井作业; M-F-57D 对钻井作业影响不大, M-A-37 对钻井作业没有影响。M 油田钻遇储层沥青的概率很小(2.3%), 沥青影响钻井作业的概率更小(1.5%)。

② MISHRIF 沥青形成的原因被认为是硫酸盐热化学还原 TSR 作用, 主要发生在连续埋藏和深埋藏碳酸盐成岩体系中, 它还包括不整合附近的微生物硫酸盐还原作用 BSR 和水洗作用。

③ 原生储层沥青在 M 油田分布是零星的(厘米至米级), 钻遇概率是很低的。预测可能只是在 M-B-S3 过渡带会碰见少量的井钻遇沥青。

④ 对于细小或轻微的沥青侵入, 加入 5%~15%的柴油, 0.2%~0.4%的乳化剂, 并根据泥浆流变特性加入一定量的钻井水, 保持泥浆性能, 可起到一定的效果。高压沥青侵入严重时, 需要使用钻井液或添加剂来防止沥青粘在金属表面: 1) 用硅油表面活性剂处理; 2) 二甲基硅油和 BAA。

4.2. 对开发井析出沥青的认识及措施

① 自 2012 年 M 油田开始修井作业以来, 已有 44 口生产井发现沥青质沉淀, 这对生产和作业造成了重大影响。

② 从 MISHRIF 地层中析出的沥青主要成分是正庚烷/正戊烷。在油藏条件下, 沥青质以胶束形式存在于油相中, 胶束被树脂稳定而溶解在原油液体中。根据 SARA 实验分析表明, MISHRIF 地层原油存在不稳定的风险。沥青析出压力包络线 APE 上线 3850~4000 PSI, 下线 2800 PSI。影响 MISHRIF 地层原油沥青演化的主要因素有压力、温度、酸化、气举、混合流体等。

③ 从发现的含沥青井来看, 沥青沉淀主要在 Mishrif 地层, M-B-S/M-B-N/M-F-M 油藏区; 生产井井眼周围 2 米范围内发生沥青沉淀的概率较高。

a) M-B-S 沥青沉淀主要发生在构造脊西侧,采出程度较高、压力较低区。M-B-N 主要发生在采出程度较高的少数井区。M-F-M 主要分布在低压地区。

b) 在沥青析出井中,沥青主要分布在油管内部、电潜泵入口、泵头及内部、电潜泵管柱外壁、油管外壁和电潜泵外壁。

④ 解除沥青沉淀堵塞的有效溶液是用有机溶剂(芳香溶剂、二甲苯、甲苯、PA-OS3 溶剂)去除堵塞。

⑤ 在电潜泵 ESP 安装修井之前,建议使用“有机溶剂、沥青分散剂和/或沥青抑制剂以及酸化的组合”进行增产,以恢复生产指数 PI,目标是井底周围 2 米。

⑥ 化学注入:通过药剂管线向井下注入沥青抑制剂,可以防止沥青在油管析出,减少关井期间沥青在油管中沉淀的问题。

a) 通用的抑制剂化学品可以带来效益,但建议在实验室进行测试,以选择专门针对 M 油田流体优化的产品。

b) 沥青抑制剂的通常应用是在井里连续加药,通过监测 ESP 性能和井口样品中的沥青稳定性来优化剂量。

⑦ 经过实验室实验优化后,使用具有沥青质分散剂能力的专用有机溶剂包。

⑧ 增加注水以增加地层压力,力争井底压力高于沥青析出压力。

总之,通过本文研究,认识了 M 油田储层沥青分布规律,为后期开发井打下了基础;通过对生产井沥青析出沉淀分析,沉淀原理及其对生产的影响,得出了沥青析出及分布规律,优选了解堵措施,并得以实施,取得了好的增产效果。本文给类似油田出现的沥青对开发生产影响问题,提供了解决措施,为同行提供了借鉴。

参考文献

- [1] Baker Hughes (2019) M Field Well Restoration Study.
- [2] Kokal, S., Al-Dawood, N., Fontanilla, J., *et al.* (2003) Productivity Decline in Oil Wells Related to Asphaltene Precipitation and Emulsion Blocks. *SPE Production & Facilities*, **18**, 247-256. <https://doi.org/10.2118/87088-PA>
- [3] 洪宇, 陈云英, 熊运斌, 等. 文留油田沥青砂地质特征及成因分析[J]. 大庆石油地质与开发, 2003, 22(4): 7-8, 11.
- [4] 王建宝, 肖贤明, 郭汝泰. 四川盆地早古生代地层中沥青的成因及其生气潜力研究[J]. 天然气工业, 2003, 23(5): 127-129.