

中国塔河油田托甫台区油藏沥青质沉积分析及预测实践

Analysis and Prediction of Asphaltene Deposition in Tofutai District, Tahe Oilfield, China

张子轶^{1,2} 赵瑞明^{1,2} 汪霞^{1,2} 吕茂山³

Ziyi Zhang^{1,2} Ruiming Zhao^{1,2} Xia Wang^{1,2} Maoshan Lv³

1. 中国石化西北油田分公司实验检测技术中心 中国·新疆 乌鲁木齐 830011
2. 中国石化缝洞型油藏提高采收率重点实验室 中国·新疆 乌鲁木齐 830011
3. 中国石化西北油田分公司采油三厂 中国·新疆 乌鲁木齐 830011

1. Experimental Testing Technology Center of Sinopec Northwest Oilfield Company, Urumqi, Xinjiang, 830011, China
2. Sinopec Key Laboratory of Enhanced Oil Recovery for Fractured-Cave Reservoirs, Urumqi, Xinjiang, 830011, China
3. No.3 Oil Production Plant of Sinopec Northwest Oilfield Company, Urumqi, Xinjiang, 830011, China

摘要: 针对塔河油田托甫台区油藏沥青质在井筒中沉积问题,应用固相沉积装置测出沥青质初始沉积压力,采用 PVTsim 软件和 PIPESIM 软件耦合建立了油藏、井筒数值模拟模型,计算了从油藏到井口的温度和压力分布,结合沥青质沉积包络线,准确预测了沥青质沉积位置。研究成果对塔河油田托甫台区沥青质沉积的防治及提高单井产量具有重要的指导意义。

Abstract: For the problem of bituminous umen deposition in the wellbore of Tahe Oilfield, using the solid sedimentation system, used PVTsim software and PIPESIM software, calculated the temperature and pressure distribution from the reservoir to the wellhead, and accurately predicted the bitumen deposition envelope. The research results are of great guiding significance for the prevention of bituminous tic deposition in Tofu District of Tahe Oilfield and the improvement of single well yield.

关键词: 油田开发; 沥青质; 固相沉积; 沥青沉积包络线; 井筒; 沉积位置

Keywords: oilfield development; bitumen; solid deposition; asphalt deposition envelope; wellbore; deposition location

DOI: 10.12346/se.v4i2.6508

1 引言

托甫台地区主要经历了加里东晚期—海西早期和印支—燕山期, 两期大规模油气充注。早期成藏由于遭受一定程度水洗氧化, 以低成熟~成熟重质~超重质油藏为主; 而后期以高成熟轻质原油充注为主, 对重质油藏进行不同程度改造调整, 南部改造程度较大, 以中质~轻质油藏为主。

托甫台中部为阿克库勒凸起西南斜坡带, 托甫7井区为斜坡上局部穹窿构造, 早期成藏作用中残留的沥青质量相对较大, 且后期改造不彻底, 使得该井区生产过程中, 出现沥青质从轻质~中质原油中不同程度析出现象^[1]。塔河油田托甫台区部分典型油井胶质沥青质含量高达50%以上, 随着油藏开发的深入, 地层压力等参数的逐渐下降影响, 胶质沥

青质随之在原油举升过程中不断析出, 在井筒内堆积导致井筒堵塞, 严重油井正常生产。目前塔托甫台区已经出现沥青质析出的油井有23口。

沥青质沉积后会堵塞井筒, 当原油中出现沥青质沉积会给生产造成极大危害。准确掌握沥青质的沉积位置和沉积量不仅可以指导井筒解堵方案的制定和实施, 而且对减少沥青质带来的石油生产损害和油田增产具有重要意义。为了防止沥青质在井筒中沉积, 不仅要考虑沥青质的沉积特征, 还需要明确生产过程中沥青质的沉积位置。论文采用井下保压取样方式应用固相沉积装置, 测得沥青质初始沉积压力, 在结合地层流体组成, 用 PVTsim 软件得到沥青沉积包络线图, 再用 PIPEsim 软件模拟真实井筒的温度压力和深度, 与沥青沉积包络线耦合得到沥青质在井筒中初始沉积的位置。

【作者简介】张子轶(1980-), 男, 中国广东深圳人, 硕士, 工程师, 从事油气田开发实验研究。

2 托甫台地区沥青沉积组分影响因素研究

托甫台地区石油胶体体系的稳定性取决于族组分的相对含量,族组分相对含量达到某一限度,即使是中、轻质原油,也会发生沥青质沉积(见表1)^[2]。

表1 托甫台区典型井原油族组成分析结果

井号	密度	沥青质	饱和烃	芳香烃	胶质	CII值
A	0.9011	11.11	49.57	10.26	14.53	2.45
B	0.8324	0.94	29.20	11.60	1.20	3.46
C	0.9625	15.45	36.18	28.26	19.92	1.07
D	0.8486	8.33	49.25	13.16	14.47	2.08
E	0.9398	18.20	35.90	28.20	6.40	1.56

从表1可以看出,托甫台区五个油样的饱和烃的含量较高,而胶质和沥青质含量相对较少,由于石油胶体的稳定性取决于四组分的相对含量,四组分相对含量达到某一限度,即使是轻中质油也会发生沥青质沉积,甚至沉积的倾向较重组油更大。根据SARA方法来确定原油发生沥青质沉积的可能性。该方法使用下式计算胶体的不稳定指数CII:

$$CII = \frac{\omega_{\text{saturates}} + \omega_{\text{asphaltenes}}}{\omega_{\text{resins}} + \omega_{\text{aromatics}}}$$

如果 $CII \geq 0.9$,则这种原油易发生沥青质沉积。分别计算以上五种原油的CII值,其胶质不稳定指数CII值均大于0.9,即均易于发生沥青质沉积,且沉积的趋势由大到小排序: $CII(B) > CII(A) > CII(D) > CII(E) > CII(C)$ 以上计算结果与五口油井现场沥青堵塞实际情况相符。

3 沥青初始沉淀点测量实验

在实验室应用固相检测系统来开展沥青质初始沉淀点测量。沥青开始沉积压力定义为“由于压力、温度和组分变化的原因导致沥青失去其稳定性时的点”。沥青开始沉积压力的测量是预测油藏沥青沉积风险的最重要的参数。为了能够得到评估沥青沉淀风险的有代表性的原油样本,原油必须保证没有损失任何沥青。因此,样本压力必须维持在泡点压力以上,保持单相。

本实验采用PVT井下取样,保压存储符合实验要求。本测试采用近红外激光探测,高压釜内盛放实验流体,一端

活塞可移动,外置泵加压,通过活塞的移动控制釜内实验流体的压力,活塞顶端(接触实验流体的一端)配有电磁搅拌器,可以对实验流体进行搅拌,快速均一化样品。整个样品釜采用加热套进行加热控温,样品釜两侧配有蓝宝石窗口,近红外激光的发射和接收光纤固定在蓝宝石窗口上,当釜内实验流体无颗粒时,穿过实验流体的激光接收率基本维持稳定;但当温压压力有一定变化时,流体内有颗粒产生,激光穿过实验流体会发生漫反射,造成接收端的透光率大幅下降,则此拐点的温压条件,即为产生沥青颗粒的沉淀点,测试结果见表2。

表2 A井沥青固相沉积压力

	温度(°C)	泡点(MPa)	沥青固相沉积点(MPa)
1	141.5	13.9	11.94
2	88.4	—	12.95

沥青质固相沉积实验可以看出当井筒体系压力大于泡点压力时,原油中含有大量的轻组分和溶解气,这些是沥青质的溶剂,因此在高于泡点压力下,沥青质不易沉积出来;当体系压力小于泡点压力时,溶解于原油中的气体从油相逸出,原油胶体体系平衡破坏,液相中重组分的含量相对增加,使沥青质相对易于析出。

4 沥青沉积包络线

PVTsim 做为成熟的商业软件可以预测地层管道中的沥青质的沉积压力和温度^[3]。对塔河某单井A井黑油流动进行全烃分析得到沥青质拟组分见表2,用我们初始沉淀点测量普做为判定,得到A井沥青沉积包络线见表3。

从图1中可以看出上、下包络线之外的区域为安全生产区域,只有在包络线之间的区域才会发生沥青质沉积。温度越高,沥青质沉积的压力范围越小,原油就越稳定^[4]。从A井沥青沉积包络线可以看出在地层温度条件下,该井沥青质不会析出。

5 单井生产模拟

PIPESIM 是一种生产工程技术,在油气工业中有着广泛的应用。论文应用PIPESIM软件对A井进行油藏井筒一体化模拟。得到温度、压力、深度版图(见图2)。

表3 沥青质拟组分

拟组分	N ₂	CO ₂	C1	C2	C3	iC4	nC4	iC5	nC5	C6	C7+
摩尔分数%	4.93	0.40	10.76	2.42	1.02	0.40	1.03	0.93	1.69	5.10	71.32

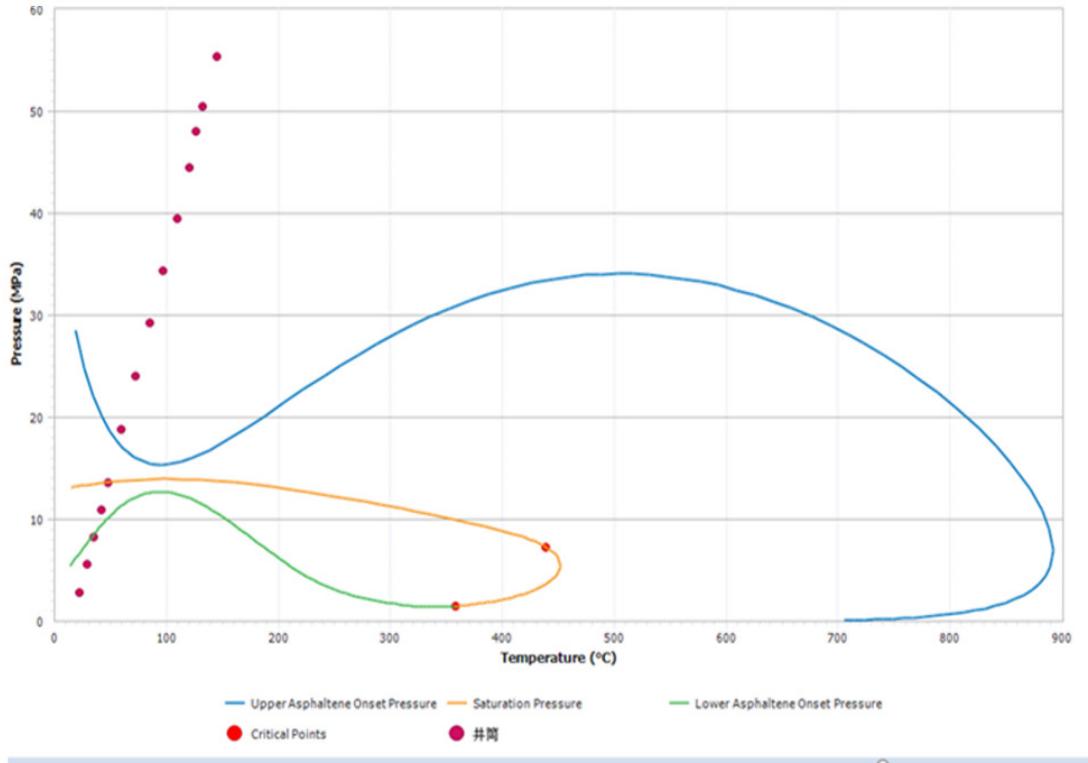


图 1 A 井沥青沉积包络线

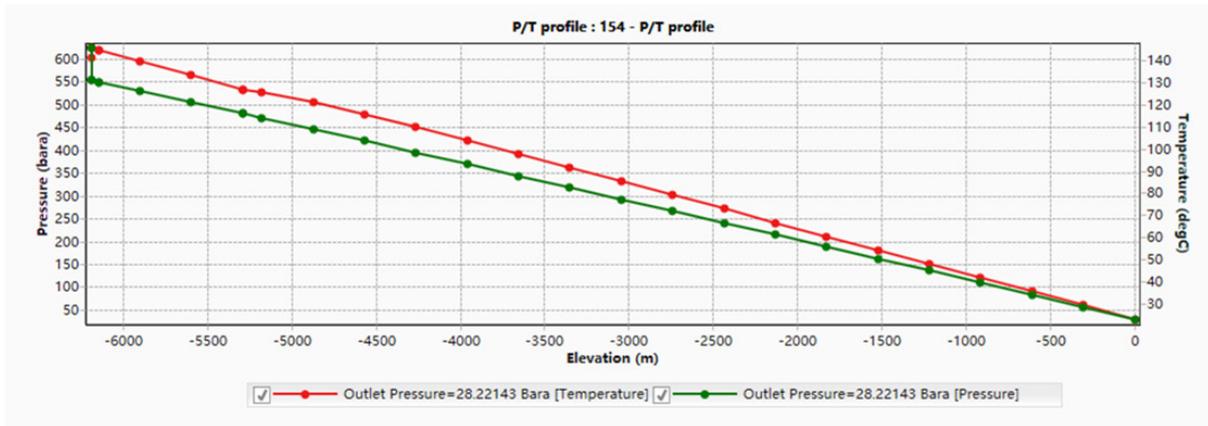


图 2 温度压力深度版图

6 沥青质沉积位置预测

通过沥青沉积包络线和 PIPESIM 得到井筒温度压力数据耦合得到沥青质沉积位置及沥青质在初始沉积位置的含量，见表 4。

托甫台区 A 井沥青质沉积严重，沉积后堵塞井筒，通过机械清理明确了沥青质的沉积位置。该井预测堵塞位置从井下 1219.2m 到井下 914m，该井实际堵塞位置是 860m。

这是由于沥青质沉积后，沉积物会在井筒壁上附着，向上运动一段时间，随着沥青析出颗粒越来越多，聚集在一起并最终堵塞井筒，因此，实际沉积位置要在预测沉积位置以上^[5]。泡点压力的不同也决定了不同油井的原油中沥青质沉积的位置不同；即使同一口井，随着原油生产压力的降低，原油中沥青质沉积也会发生在井筒中不同位置。预测出沉积位置区间后，向该位置区间以上部位加入沥青质抑制剂，可防止沥青质的沉积。

表 4 A 井沥青质初始沉积位置及含量

深度 m	-6196	-5601.8	-5297	-4876.8	-4267.2	-3657.6	-3048	-2438.4	-1828.8	-1219.2	-914.4	-609.6	-304.8	0
压力 MPa	55.3	50.45	47.95	44.49	39.44	34.35	29.21	24.03	18.81	13.54	10.89	8.22	5.53	2.82
温度	145.4	132.9	126.7	120.8	109.6	97.4	85.1	72.8	60.4	48	41.9	35.7	29.5	22.9
沥青质 (Wt%)											2.35	1.18		

7 结论

①通过开展沥青质固相沉积实验,研究了沥青质在不同温度和压力下的初始沉积压力,根据实验结果绘制了沥青质沉积包络线图。②采用 PVTsim 和 PIPESIM 软件耦合建立了油藏、井筒一体化数值模拟模型,实现了开发过程中沥青质损害识别,预测了沥青质在井筒中的沉积位置。③沥青质固相沉积实验要求高,井下取样费用高;后期需通过大量数据找出泡点和固相沉积点关系,结合井流物及实际在井筒中堵塞位置画出沥青质堵塞位置版图,为现场加沥青分散剂提供指导。

参考文献

[1] 漆立新,云露.塔河油田奥陶系碳酸盐岩岩溶发育特征与主控因

素[J].石油与天然气地质,2010,31(1):1-12.

- [2] 康志江,黄咏梅,易斌,等.塔河缝洞油藏沥青质堵塞物原因分析[J].石油地质与工程,2008,22(6):91-93.
- [3] 孙业恒.沥青质伤害油藏数值模拟研究[J].油气地质与采收率,2011,18(2):65-68.
- [4] 张钧溢,赵凤兰,侯吉瑞,等.CO₂驱替过程中沥青质沉积及其对原油采收率的影响[J].特种油气藏,2012,19(2):107-109.
- [5] 廉培庆,丁美爱.富含沥青质油藏沥青质沉积位置预测方法[J].特种油气藏,2016,23(5):47-48.
- [6] 赵凤兰,鄢捷年.原油沥青质的沉积条件及其控制[J].石油大学学报(自然科学版),2005,29(4):56-59.