

文章编号:1001-6112(2011)S1-0170-04

# 超重质原油井下密闭取样 工艺研究及其在塔河油田的应用

张梦华,刘 练,王志敏,赵 刚,王 超,邹 伟,夏福良,田 峰

(中国石化西北油田分公司完井测试管理中心,新疆 轮台 841600)

**摘要:**塔河油田12区奥陶系油藏原油密度大,属于超重质原油;原油动力粘度高,流动性能极差;地层压力高、地层温度高;主要采用掺稀生产,掺稀点深度一般为5 500 m左右。通过超重质原油井下密闭取样工艺的研究,对改进高压物性取样器、研制加热转样装置、优化取样工艺,首次成功于5 950 m取得合格的高压物性样品,首次成功转样并成功进行高压物性分析,创造了高压物性取样点压力最高、粘度最高、温度最高、深度最大4项国内纪录,形成了一整套超重质原油井下密闭取样工艺技术。

**关键词:**密闭取样;超重质原油;高压物性分析;塔河油田

中图分类号:TE27

文献标识码:A

## Extra-heavy oil underground sampling technique and its application in Tahe Oil Field

Zhang Menghua, Liu Lian, Wang Zhimin, Zhao Gang, Wang Chao, Zou Wei, Xia Fuliang, Tian Feng

(Well Completion Test Management Center, SINOPEC Northwest Company, Luntai, Xinjiang 841600, China)

**Abstract:** Crude oil from the Ordovician reservoir in block no. 12 of the Tahe Oil Field belongs to extra-heavy oil due to high density. The crude oil has strong viscosity and seldom flows. Formation pressure and temperature are both high. In production, light oil is mixed in, and the mixing depth is about 5 500 m. Extra-heavy oil underground sampling technique was optimized. PVT sampler was improved. Sample heat and transfer device was designed. Qualified PVT sample was made 5 950 m deep for the first time, and then transferred and analyzed successfully. 4 national records were made: highest sampling pressure, biggest viscosity, highest temperature, and deepest depth. A set of extra-heavy oil underground sampling technique was concluded.

**Key words:** enclosed sampling; extra-heavy crude oil; PVT analysis; Tahe Oil Field

塔河油田12区奥陶系油藏原油密度介于0.954~1.056 5 g/cm<sup>3</sup>,平均1.017 g/cm<sup>3</sup>,属于超重质原油,原油动力粘度很大<sup>[1]</sup>,如AD4井在90 °C粘度为45 000 mPa·s,流动性能极差;地层压力67 MPa±、地层温度135 °C±。因流动性能差,须掺稀生产,掺稀点深度一般为5 500 m±。若进行高压物性取样,取样器须下至原油与稀油的混合点以下。目前国内使用的井下高压物性取样器额定地面原油粘度600 mPa·s,额定工作温度为120 °C<sup>[2]</sup>。

国内现有的高压物性取样器不满足塔河油田稠油油藏取样要求,本工艺根据塔河油田稠油油藏的特点,从取样工具的研究设计,加热转样装置的研制,配套完井管柱和取样工艺的优化方面系统的进行稠油取样的研究应用,并在TH12143井成功取得

合格稠油样品,成功地进行了高压物性样分析<sup>[3~4]</sup>。

## 1 井下密闭取样器的研究设计

### 1.1 实现样品密闭

新型高压物性取样器工作原理:采用电缆或钢丝输送,下入过程中上、下凡尔处于开启状态,流体从下凡尔进入、上凡尔流出。取样器下至设计深度后按设计要求时间停留,使得流体充分进入取样器,在电子时钟控制下,膨胀块供电、燃烧变为气体,使得气仓内压力升高,控制器控制上、下凡尔同时关闭,从而获得设计压力、温度条件下的密闭样品(图1)。

### 1.2 取样器上下凡尔过流面积设计

PVT取样器上下凡尔可实现16 mm油嘴无阻过流(改进之前只有1 mm间隙环形过流面积),

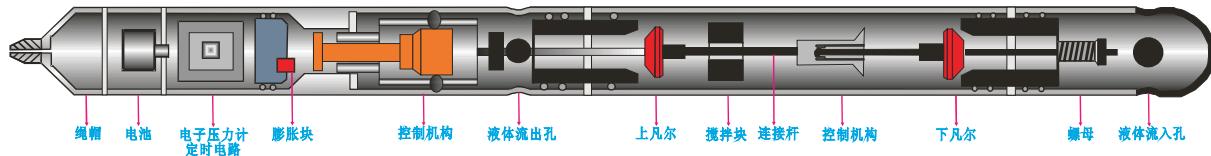


图 1 新型高压物性取样器总成示意

Fig. 1 The Schematic diagram of New PVT Sampler



图 2 改进后的 PVT 取样器凡尔

Fig. 2 The valves of the new PVT sampler

表 1 PVT 取样器主要参数对比

Table 1 Comparison Table of the main parameters PVT Sampler

常规 PVT 取样器	新型 PVT 取样器
温度范围/℃ <120	-40~175
凡尔过流面积/(mm <sup>2</sup> ) 24.34	200.96
仪器材质 国产	1Cr18Ni9Ti, 718S(瑞典进口材料)

使得粘度较大的流体可以顺利流入并返出取样器(图 2)。

### 1.3 取样器耐温级别

常规 PVT 取样器密封件为国产橡胶材料,耐温级别<120 ℃,新 PVT 取样器密封件为进口橡胶材料,耐温级别可达 175 ℃(表 1)。

### 1.4 压力计实时监控

在取样器上部安装电子压力计,监控取样全程压力、温度变化和取样器关闭时间。

## 2 加热转样装置的研制

取样器运送至实验室,需将样品转至反应釜,转样管线内径为 0.08 mm,常温稠油样品粘度可达  $50 \times 10^4$  mPa · s,较低温度条件下转样过程中极易堵塞,甚至造成转样管线报废<sup>[3]</sup>。

针对转样问题,研制了大功率加热转样装置,加热温度可达 110 ℃,使得转样过程中样品处于可流动状态并转入 PVT 分析仪反应釜。

## 3 取样工艺的设计

### 3.1 传输绳缆

稠油取样井普遍高含硫化氢、工具上提过程中张力较大,取样时采用 5.6 mm 电缆<sup>[4]</sup>,配重可达 100 kg 以上,最大上提张力可达 22 kN,可防止工具串遇卡。

### 3.2 取样方式及位置

调整生产掺稀比,保持混合液密度小于 0.94 g/cm<sup>3</sup>,取样全过程处于生产状态,保证不发生凝管事故,工具串顺利下入、起出。

取样深度设计在掺稀点 300 m 以下,以保证样品纯度。

### 3.3 完井管串

光管柱完井管串。油管鞋深度距套管鞋 500 m 土,即可保证取样深度,又保证取样器不出套管鞋。

机械封隔器完井管串。使用大孔道掺稀滑套,投球打开后球能掉至井底,且滑套上下变径处带导角,距封隔器 700 m 土。

非机械封隔器完井管串。使用大孔道掺稀滑套,投球打开后球能掉至井底,且滑套上下变径处带导角,下入深度距封隔器 400 m 土。

### 3.4 转样

将增压泵、中间容器、取样器、电热带按图 3 所示连接,电热带恒温至 110 ℃(增压泵压力 10 MPa)保证样品不渗漏。

将各部件连接后,接通电源 → 取样器预加热 → 以中间容器内的饱和盐水为介质对取样器加压 → 增压泵加压 → 取样器内的流体转入 PVT 分析仪反应釜(图 4)。

## 4 现场应用

TH12143 井 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"光油管完井,用不防硫电缆取样,调整生产方式为正掺反采,避免硫化氢腐蚀,泵压 12.5~12.3 MPa,油压 11.5 MPa,套压 9.6 MPa,



增压泵 中间容器 取样器

图3 样品密封性检查照片

Fig. 3 Test of Sealing for the samples



图4 PVT样品加热转样示意

Fig. 4 The diagram showing heated PVT samples transfer

注入稀油  $7.0 \text{ m}^3/\text{h}$ , 密度  $0.89 \text{ g/cm}^3$ , 产混合液  $10.4 \text{ m}^3/\text{h}$ , 密度  $0.93 \text{ g/cm}^3$ , 地层产液  $3.4 \text{ m}^3/\text{h}$ , 不含水, 罐口硫化氢含量  $(35\sim26)\times10^{-6}$ 。

#### 4.1 通井

在正掺反采生产方式下, 用电缆带加重杆通井至  $5960 \text{ m}$ , 加重杆外径  $43 \text{ mm}$ , 长度  $4.5 \text{ m}$  ( $4\times1.12 \text{ m}$ ), 配重  $100 \text{ kg}$ , 通井过程中试提张力。

#### 4.2 井下取样

取样时间设计<sup>[5-6]</sup>: 连接仪器与电缆下至  $5950 \text{ m}$  时间为  $3 \text{ h}$ ; 3 支取样器自上而下编号分别为 1005007, 1005009, 1005012, 下到位后停待时间分别为  $100, 120, 140 \text{ min}$ , 即 3 支取样器关闭时间相隔  $20 \text{ min}$ 。

现场根据设计时间设置取样器关闭时间后, 用电缆带取样器于  $5950 \text{ m}$  取得样品。

#### 4.3 样品捕获现场检查

取样器起至地面, 现场进行检查: 取样器 1005007, 1005012 样桶内搅拌块在样桶上下颠倒时无滑动, 样品无渗漏; 取样器 1005009 样桶内搅拌块在样桶上下颠倒时有滑动, 初步判断取样器 1005007, 1005012 取得样品, 取样器 1005009 未取得样品<sup>[7-8]</sup>。

从现场回放的压力计数据看, 取样器 1005007, 1005009, 1005012 关闭时间为  $4.67, 5.09, 5.31 \text{ h}$ ,

与设计关闭时间相符。

#### 4.4 样品可流动性检查

增压泵将恒温至  $110^\circ\text{C}$  的样品增压至  $27 \text{ MPa}$ , 样品无渗漏, 开启转样接头, 样品可从取样器流出。

### 5 成果及认识

塔河油田 12 区共进行稠油 PVT 分析 6 井次, 从主要数据分析结果看(表 2), TH12143 井试验取得的饱和压力为  $10.98 \text{ MPa}$ , 高于其它井平均饱和压力  $5.36 \text{ MPa}$ ; TH12143 井试验取得的地层原油粘度为  $1230.57 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , 高于其它井平均地层

表2 稠油 PVT 主要分析数据

Table 2 The main analytical data of heavy oil PVT

井号	饱和压力/ MPa	地层原油 粘度/ $\text{mPa}\cdot\text{s}$	地层原油 密度/ $(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	地层原油 体积系数
TH12406	5.57	366	0.983 9	1.031 8
TK1226	5.68	584	1.008 5	1.030 7
TK1231	5.41	261	0.978 7	1.027 6
TK1241	5.3	736	1.023 8	1.028 0
TK1249	5.47	695	1.018	1.029 2
TK1264	6.26	235	0.984 2	1.041 7
平均值	5.62	479.5	0.999 5	1.031 5
TH12143	10.98	1230.57	0.986 5	1.060 0

原油粘度 751.07 mPa·s; TH12143 井试验取得的地层原油密度 0.9865 g/cm<sup>3</sup>、低于其它井平均地层原油密度 0.0013 g/cm<sup>3</sup>; TH12143 井试验取得的地层原油体积系数 1.0600, 高于其他井平均地层原油体积系数 0.0285。

本次取样深度 5950 m, 位于掺稀点(5510.52 m)以下 439.48 m, 取样点压力 62.65 MPa, 远大于饱和压力(11.99 MPa), 取得的样品为真实的地层流体样品; 超重质原油井下取样器性能可靠, 满足塔河油田井下稠油高压物性取样要求; 改进后的转样设备可满足稠油样品转样要求; 所用的分析仪为法国 ST 公司生产的 PVT 分析仪, 实验数据真实、可靠。

## 6 结论

1) 通过超重质原油井下密闭取样工艺的研究, 改进了高压物性取样器, 研制成功了加热转样装置, 优化取样工艺, 形成了一整套超重质原油井下密闭取样工艺技术。

2) 准确获取了井下稠油密闭 PVT 样, 提供了真实可靠的地层稠油物性参数, 为真实认识、开

发稠油油藏提供依据。

3) 该工艺创造了国内高压物性取样点压力最高、粘度最高、温度最高、深度最大 4 项国内纪录。

## 参考文献:

- [1] 焦方正, 窦之林. 塔河油田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.
- [2] 王克仁, 范学增, 周忠明, 等. 凝析气井地面 PVT 取样技术[J]. 天然气工业, 1999, 19(2): 83—87.
- [3] 孙仁远, 战永平, 李爱芬, 等. 地层油 PVT 分析仪研制及其性能测试[J]. 石油仪器, 2010, 24(4): 10—12.
- [4] 张加同, 邵殿武, 宋振鹏. 井下高压物性取样作业工艺研究[J]. 石油知识, 2010(1): 16—17.
- [5] 李志文, 李春生, 周志江. PVT 电控式高压物性取样研究[J]. 油气井测试, 2002, 11(6): 51—53.
- [6] 姜桂英. 钟控式取样器电子化应用研究[J]. 内江科技, 2010(2).
- [7] 全美娟, 夏正春, 李希孝. 新型电子式高压物性取样器的设计与实现[J]. 石油化工自动化, 2008(5): 72—74.
- [8] 马强. 油气水 PVT 参数的计算方法[J]. 试采技术, 1990, 11(3).
- [9] 李瑞琪. 地层原油高压物性参数预测方法[J]. 油气田地面工程, 2009, 28(9): 81—82.

(编辑 叶德燎)

(上接第 169 页)

筛管(或 ICD 管)+遇油膨胀封隔器+5<sup>1</sup>/<sub>2</sub>"割缝筛管(或 ICD 管)+管鞋。

(3) 下入 ICD 施工注意事项: 井眼要求较规则, 完井管柱入井前采取从小到大顺序模拟通井。

(4) 应用效果: 2010 年 1 月在 TK7221H 井应用, 稳定日产原油 40 t, 不含水, 同比产量为邻井的 1.6 倍。

## 3 水平井作业技术

### 3.1 水平段机械卡封工艺

针对有明确出水层段水平井, 丢手桥塞卡封出水层段。

经过多年现场应用, Y453 丢手挤注桥塞封堵水平井出水层段已成为塔河油田碎屑岩水平井机械卡堵的成熟工艺。

此工艺可通过丢手桥塞放弃目前生产水平井段转层; 或在射孔井中, 卡封出水段, 适应分段射孔完井水平井。

### 3.2 二次固井钻塞技术

针对割缝筛管完井出水井, 水平段笼统挤注水泥进行二次完井, 候凝后下三牙轮钻头扫开被水泥封堵水平段, 对剩余油较多的构造高点射孔。

典型井为 TK925H 井<sup>[5]</sup>。该井作业前日产液 60 m<sup>3</sup>, 含水 97% 左右, 通过全井笼统挤注水泥, 钻塞后对测井显示较好井段射孔。该井作业后含水下降 50 个百分点, 累计增产 4 000 t。

## 参考文献:

- [1] 张茂斌. 塔河油田 TK908DH 分支水平井完井技术[R]. 乌鲁木齐: 中石化西北油田分公司工程技术研究院, 2006.
- [2] 王金龙. TK908DH 井分支井工程技术服务总结[R]. 乌鲁木齐: 中石化西北油田分公司采油一厂, 2004.
- [3] 张军杰. TK7221H 井完井工程设计[R]. 乌鲁木齐: 中石化西北油田分公司工程技术研究院, 2010.
- [4] 孙桓. TK126H 井封堵施工设计[R]. 乌鲁木齐: 中石化西北油田分公司工程技术研究院, 2007.
- [5] 郭阳涛. TK925H 重复射孔施工报告[R]. 乌鲁木齐: 中石化西北油田分公司采油一厂, 2007.

(编辑 徐文明)