

# Research of the Technology about Improving Production in Moriche Oil Field of MECL

Yan Li

Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing  
Email: liyan19730930@163.com

Received: Sep. 8<sup>th</sup>, 2017; accepted: Sep. 25<sup>th</sup>, 2017; published: Sep. 28<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

A series of research has been carried out in the development of shallow heavy oil of MECL Oilfield in Colombia. The studies have been applied for 9 wells in the oilfield and have got better results, which have formed the key technology for improving the oil recovery in the shallow reservoirs of MECL in Colombia and provided technical support and guarantee for the development and recovery of heavy oil in the oilfield.

## Keywords

Water Channeling, Foam, Nitrogen, Profile Control, Optimization, Sealing Water, Absorbing Steam Profile

---

# 哥伦比亚圣湖能源稠油油田提高采收率技术应用研究

李 燕

中国石化石油工程技术研究院, 北京  
Email: liyan19730930@163.com

收稿日期: 2017年9月8日; 录用日期: 2017年9月25日; 发布日期: 2017年9月28日

---

## 摘 要

针对哥伦比亚圣湖能源油田浅层稠油开发存在的技术难题进行了一系列研究, 并在现场应用了9口井,

取得较好的效果。形成了哥伦比亚圣湖能源浅层稠油油田提高采收率的关键技术，为该油田稠油开发和提高采收率提供了技术支持和保障。

## 关键词

水窜，泡沫，氮气，调剖，优化，堵水，吸气剖面

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

国内外针对不同的浅层稠油油藏使用不同的开发方式和适合于不同的采油工艺技术。而对于哥伦比亚圣湖能源浅层稠油油藏所具有的特殊性：该油田埋藏浅，地层非均质性较强，蒸汽吞吐过程中，气窜比较严重。油藏的特点注定了油田开发的难度，为提高该油田的产量而进行了各种提高采收率工艺的研究和现场应用，取得了较好的效果。主要针对 GIRSOAL 和 JAZMIN 油田两相泡沫提高产量进行了研究和现场应用，取得了该油田提高产量和采收率的工艺技术[1] [2]。

## 2. 油田基本情况

### 1) 油田开发基本情况

GIRSOAL 油田油藏埋深垂深 500~900 m，孔隙度 22%~30%，渗透率 500~2000 md，含水饱和度 30%~35%，泥质含量 8%~15%，油层厚度 18~35 m，净总比 0.1~0.5，油层温度 40.6℃~50℃，油藏压力 4.5~6 MPa (564 m)，45℃原油粘度 3500~5000 mPa.s，原油酸值：6.0~7.0。该区块主要的特点是埋藏浅、渗透率低、单层油层厚度小、净总比低、非均质性强，供液差，地层能量低，井位布置基本为台子井，蒸汽吞吐过程极易发生气窜。

GIRSOAL 油田采用长水平井(水平段长 600 米)进行开发。该油田于 2008 年开始投入开发，油井初期产量基本在 100 桶/天左右，生产方式为先冷采 8~12 个月，然后进行蒸汽吞吐，冷采期间产量基本稳定，但随着油田开发进入中、后期，蒸汽吞吐过程中出现气窜现象较严重，产量不稳定，该油田生产井 133 口，该油田 2013 年 1~9 月产量变化统计如图 1 所示[3] [4]。

通过图 1 分析，2013 年产量波动较大，该油田从 2012 年 10 月份开始进行氮气、泡沫调剖工艺实施，但是由于该工艺方案设计和现场施工均存在一定问题，所以虽然实施了提高产量的采油工艺技术措施，但是取得的成效甚微，于是进行了两相泡沫的分析研究，于 2013 年 6 月开始进行两相泡沫优化工艺，取得了明显成效，该油田完成施工的两相泡沫优化井于 2013 年 7 月开始生产，从 2013 年的产量统计图分析，该油田从 8 月初产量开始上升，该技术对于提高该油田的产量和采收率具有较大的意义。

JAZMIN 油田采用合采方式进行油田开发，井型为直井或定向井，共有油井近 300 口，由于该油田采用合采方式，地层非均质性较强，导致油田进入开发后含水上升快，蒸汽吞吐周期短的问题，根据一些室内试验及类似油田的经验，该油田部分井较适合氮气、泡沫工艺。

### 2) 原因分析

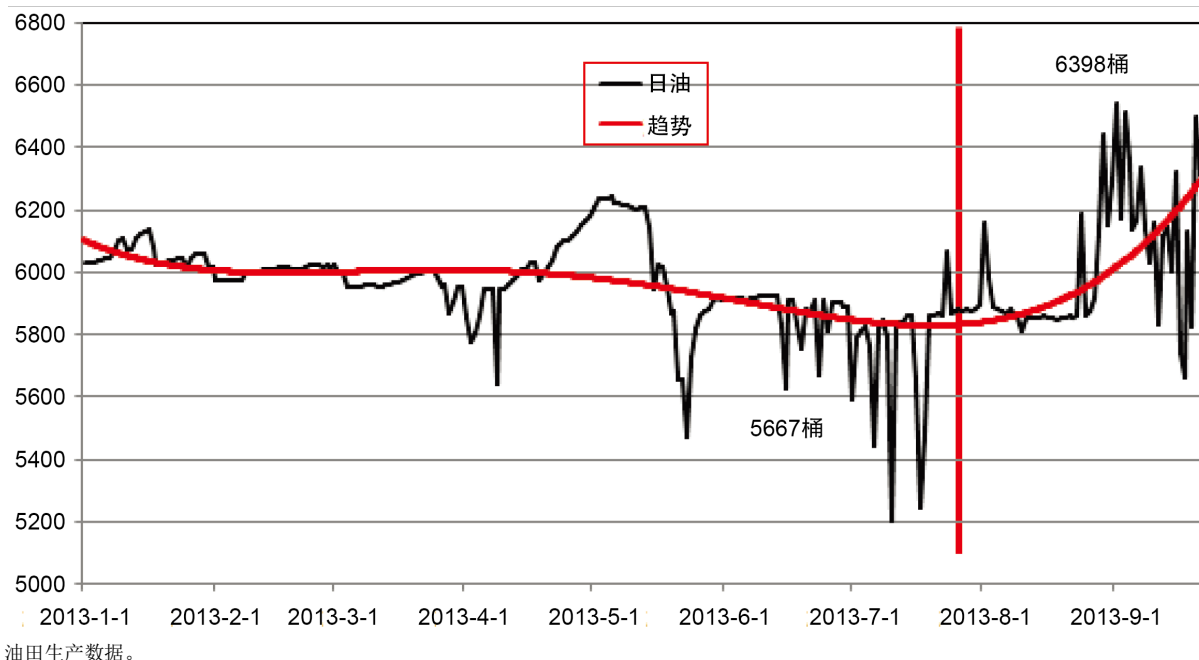


Figure 1. Production curve of 2013 in GIRSOAL oilfield  
图 1. GIRSOAL 油田 2013 年产量曲线

① 该油田地层非均质性较强，油层间联通性较差，油层净总比低，水平段较长，吸气不均匀，导致了抑制递减困难，产量提高难度很大。并且在蒸汽吞吐过程中由于井间距较短，容易发生层间窜槽，影响了该油田蒸汽吞吐的效果；

② 该油田地层能力较低，由于未及时补足采油所需的能力，导致蒸汽吞吐周期较短，一般吞吐周期为 6 个月左右，完井管柱未优化，导致作业频繁；

③ 由于泡沫注入工艺存在问题，注入方式及注入参数未优化，导致整个油田产量无明显提升，具有较好效果的井较少，产量无大幅提升；

④ 经过两相泡沫的施工工艺优化，效果明显，从 7 月底以后产量明显上升，该工艺在圣湖能源 GIRSOAL 油田具有推广意义，为该油田提高产量和提高采收率具有实际意义和深远的影响[5]。

### 3. 两相泡沫工艺优化研究

#### 1) 流动性研究

首先通过对 GIRSOAL 和 JAZMIN 油田的稠油进行了一些室内试验，建立了该油田的稠油开采理论，根据该稠油油田的特点，进行理论的完善。该油田稠油满足稠油非达西渗流理论，该油田稠油具有最低流动启动压力。满足下图 2 所示的流动理论。

通过室内试验，稠油和稀油具有不同的流动启动压力，特别是针对稠油开发，必须克服稠油的启动压力，方能进行稠油的开采和进行进一步的提高产量和采收率的一系列工作，在冷采或蒸汽吞吐过程中才能采用各种采油工艺进行采收率提高的研究和现场实施工作。

要进行该油田提高产量和采收率的一系列攻关技术研究和应用，针对该油田的具体特点进行了该油田原油的启动压力梯度与流度关系曲线的室内试验，得到该油田的启动压力梯度与流度的曲线关系如图 3 所示。

该稠油油田启动压力与流度关系曲线通过回归满足下列公式：

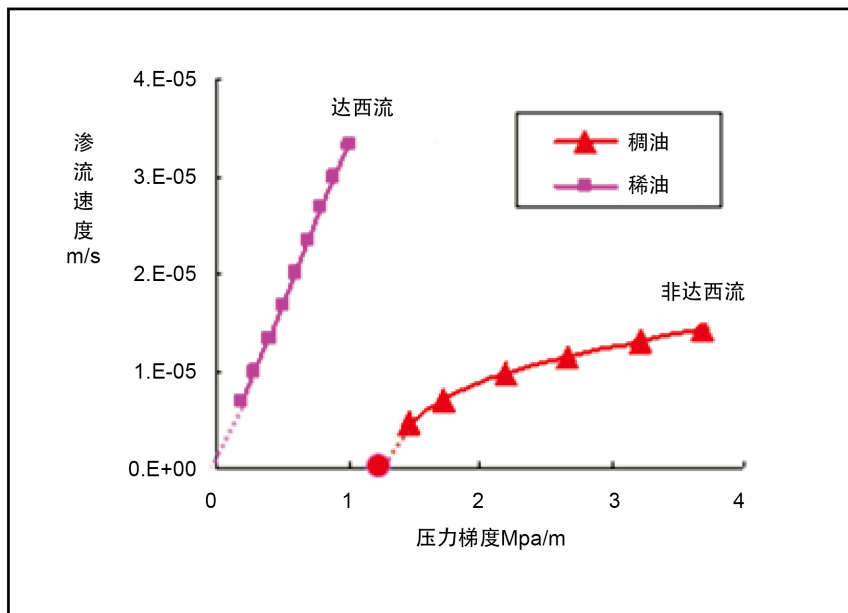


Figure 2. Characteristic curve of crude oil flow  
图 2. 原油渗流特征曲线

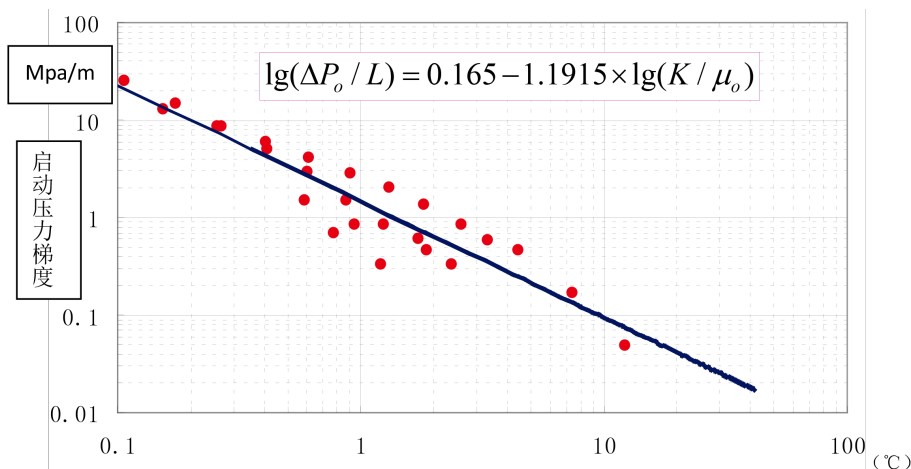


Figure 3. Relation curve of starting pressure gradient and mobility  
图 3. 启动压力梯度与流度关系曲线

$$\lg(\Delta P_0 / l) = 0.165 - 1.1915 * \lg(K / U_0) \quad [6]$$

## 2) 气、水窜研究

由于该稠油油田在蒸汽吞吐过程中存在气水窜现象，影响吞吐井产量提高和抑制油田递减，进行了该油田的水窜、水淹室内评价实验，通过注汽和室内模拟实验，得出该油田水、气窜模拟图如图 4 所示。

通过一些室内实验的研究分析，该油田存在严重的注汽发生窜槽的现象发，所以在生产过程中存在某些油井原油产量突然下将为 0 的现象，这样严重影响了该油田的原油产量上升和稳产的需要，要提高该油田的产量必须进行必要的调整吸气剖面 and 封堵水道的工作，以提高蒸汽吞吐过程中水平段的吸气效率，以达到均匀吸气的效果。

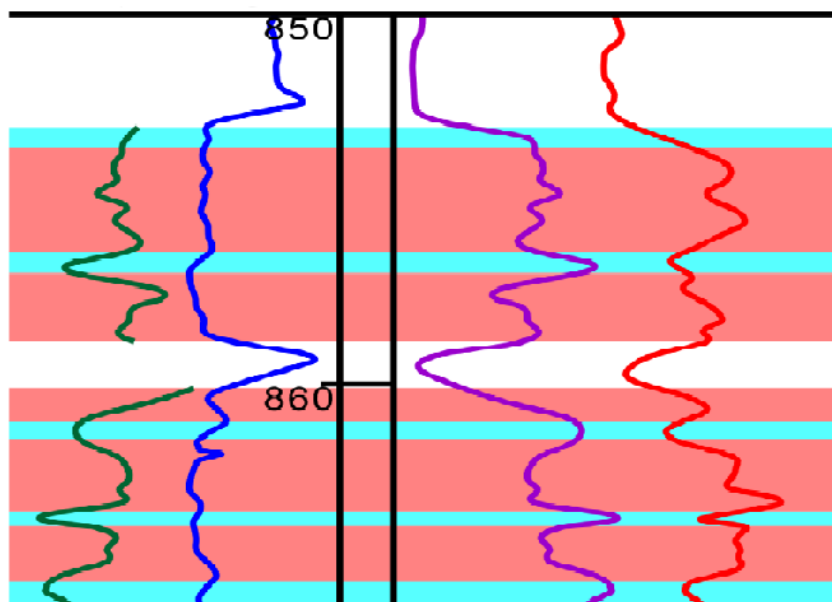


Figure 4. Gas and water channel in oil formation  
图 4. 油层发生气、水窜示意图

井间稠油受非达西渗流控制，形成“整体富集”；低启动压力条带形成“条带水淹”。通过岩心分析，GIRSOAL 在 GIR-PH5-HZ1-A9 井水淹区油井，平均剩余油饱和度高达 62%，只有局部低启动压力条带含水饱和度降至 45% 以下。该油田提高采收率和产量的潜力较大。

通过合理的工艺措施，进行有效的封堵大孔道，防止蒸汽吞吐过程中发生的井间气窜现象，可以大幅度的提高单井产量和采收率。

### 3) 泡沫优化研究

#### ① 现场使用泡沫存在问题

通过中石化工程院现场技术专家组到现场进行泡沫质量的检验，发现现场泡沫存在质量问题，通过一些现场实验，发现该油田原来使用的泡沫不耐高温，在高温 200 度左右发生碳化，所以在注入泡沫过程中，泡沫在环空或油管内就已经碳化，无法起到调整吸气剖面的作用，封堵大孔道也无法实现。使用泡沫的现场检验见图 5 所示：

#### ② 泡沫优选

根据现场实施应用的泡沫存在的问题，进行了一系列的泡沫优化和室内工作，优化、优选出了适合现场使用和应用的泡沫类型。

通过对泡沫的五项性能的检验、检测，优化、优选出适合 GIRSOAL 油田使用的泡沫剂类型。主要是通过检验泡沫的耐温性，半衰期，阻力因子，表面张力，PH 值的检测，确实满足了该油田所需高温泡沫的性能[5] [6]。优选泡沫驱替及气液比如图 6 和图 7 所示。

#### ③ 注入工艺优化

之前实施的泡沫井注入工艺存在很多问题，于是针对出现的问题进行了注入工艺和方式的优化。之前实施注入工艺采用环空注入，目前改为油管注入；注入工艺进行了优化之前采用联系注入，目前优化为注入泡沫段塞，基本分为前三天注入三段段塞，在不同蒸汽注入阶段泡沫在地层不同位置进行水道封堵，使蒸汽有效进入油层，不进入大孔道，防止了蒸汽进入大孔道，在采油阶段以水的方式排出来。具体进行了注气速度、注气量、注氮体积、注氮速度、注氮方式进行了优化[6] [7]。



Figure 5. Foam carbide behave in wellsite  
图 5. 现场使用泡沫涂抹井口发生碳化现象

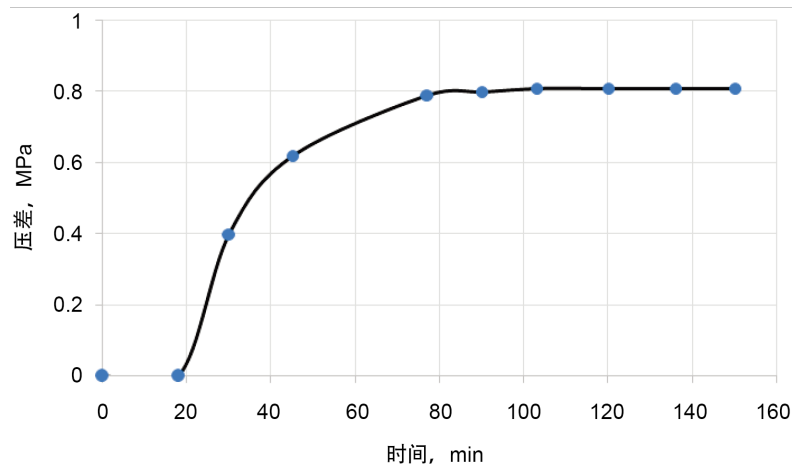


Figure 6. Variation of pressure difference on displacement  
图 6. 驱替过程中压差的变化规律

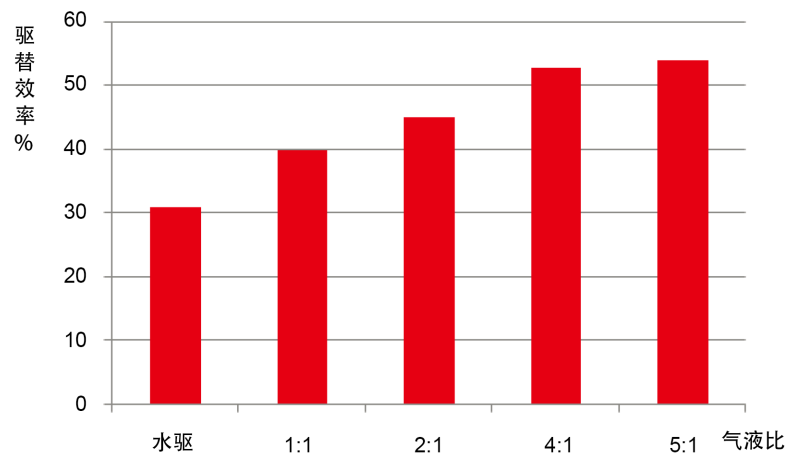


Figure 7. Effects of different gas-liquid ratio on displacement efficiency  
图 7. 不同气液比对驱替效率的影响

#### 4. 现场施工工艺优化

第一天进行注入氮气(环空), 主要作用: 隔热, 提高注入蒸汽干度, 防止套管损坏; 第二天注入 3 吨泡沫段塞, 第三天注入 4 吨泡沫段塞; 第四天注入 3 吨泡沫段塞, 具体的泡沫量根据井型确定, 一般直井泡沫总用量一般为 6~8 吨, 水平井泡沫用量一般为 10~12 吨左右不等, 具体根据上周起生产情况和油藏具体情况确定用量。

现场施工根据压力变化进行及时调整, 如果注入一天注入压力开始升高, 如果出现异常情况及时进行调整泡沫注入量和注汽参数的调整, 注入泡沫从油管与蒸汽同时注入。注蒸汽采用单井单注, 防止注入蒸汽量计算不准和防止注入蒸汽干度过低, 无法保证注入井底蒸汽的干度, 影响注汽治理, 降低吸气效率。现场优化前后注入流程方式如图 8 和图 9 所示。

#### 5. 现场施工效果分析

通过泡沫一系列的室内研究, 评价和现场施工设计优化和现场注入工艺及注入量的一系列优化, 目前已经在圣湖能源 GIRSOAL 油田实施了 7 口井, 成果显著, 共实现增油 24,513 桶, 日增油达到 245.73 桶/天。具体效果分析如下:

##### 1) GIRSOAL 油田产量递减规律

GIRSOAL 油田生产递减规律如图 10 所示。

经过 GIRSOAL 油田井平均生产效果, 分析了该油田自投产以来 7 个吞吐周期的产量进行了统计分析, 该油田的递减率为 19%~30%, 以该油田递减率较低的井来分析对比, 递减相对较低的为 19%来计算优化后增加产量, 下面进行施工完成并提高产量的统计分析两相泡沫在该油田施工实施的效果进行对比分析[7][8]。

##### 2) GIRSOAL 油田现场施工效果分析

A03 井施工效果对比分析如图 11 所示。

从图 11 分析, A03 井在上一周期从开井生产 151 天, 总产量为 5215.46 桶, 按照 GIRSOAL 油田最小递减率 19%来计算, 上周期生产相同时间理论应该生产原油为 4224.52 桶; A03 井经过优化之后从开井至 2013 年 11 月 18 日, 累积生产原油 12,170 桶, 同期生产原油增加 7945.5 桶, 产量同期增加 288%。2013 年 11 月原油价格为 96 美元/天, 创效益为  $7945.5 \times 96 \times 6.2 = 4,729,163$  (元), 创产值 472 万元。

H02 井实施效果对比分析如图 12 所示。

从图 12 分析, A03 井在上一周期从开井生产 131 天, 总产量为 3825.71 桶, 按照 GIRSOAL 油田最小递减率 19%来计算, 上周期生产相同时间理论应该生产原油为 3099 桶, H02 井经过优化之后从开井至 2013 年 11 月 18 日, 累积生产原油 10,167 桶, 同期生产原油增加 7068 桶, 产量同期增加 328%。2013 年 11 月原油价格为 96 美元/天, 创效益为  $7068 \times 96 \times 6.2 = 4,206,873$  (元), 创产值 421 万元。

AG-HZ02 井实施效果对比分析如图 13 所示。

从图 13 分析, 该井在开井生产前期采油参数偏低, 从 7~23 天供液量较足, 但是冲次较低, 导致日产量较低, 从第 24 天经过参数调整, 产量突然上升, 所以生产前期参数不合理, 稠油开采吞吐生产新周期开始, 要根据动液面及时调整参数, 否则会影响整个新周期的总产量和日产量。

从 AG-HZ02 井在上一周期从开井生产 88 天, 总产量为 6209 桶, 按照 GIRSOAL 油田最小递减率 19%来计算, 上周期生产相同时间理论应该生产原油为 5029 桶, 该井经过优化之后从开井至 2013 年 11 月 18 日, 累积生产原油 12,430 桶, 同期生产原油增加 7401 桶, 产量同期增加 247%。2013 年 11 月原油价格为 96 美元/桶, 创效益:  $7401 \times 96 \times 6.2 = 4,405,075$  (元), 创产值 441 万元。

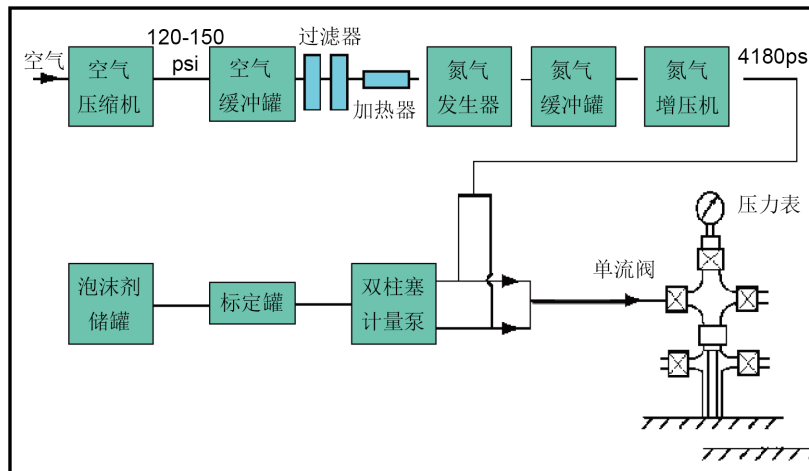


Figure 8. Pre-optimization injection flow chart  
图 8. 优化前注入流程图

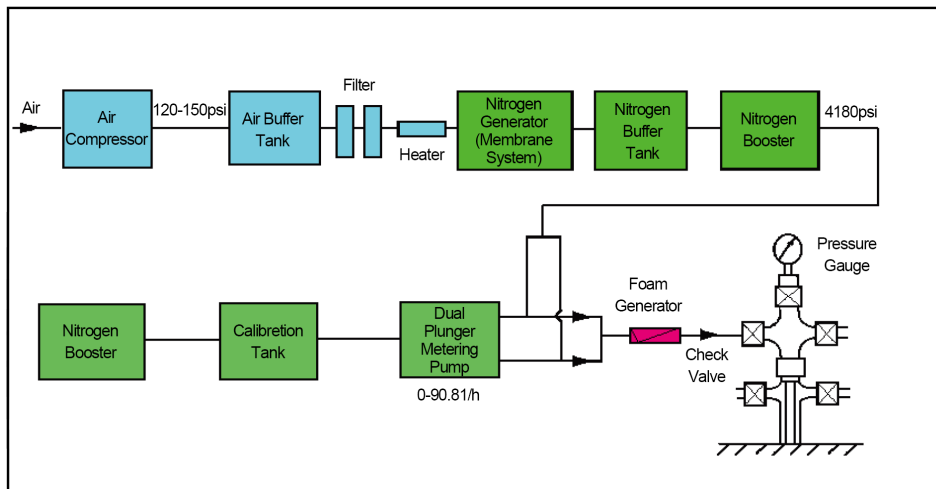


Figure 9. Optimized injection flow chart  
图 9. 优化后注入流程图

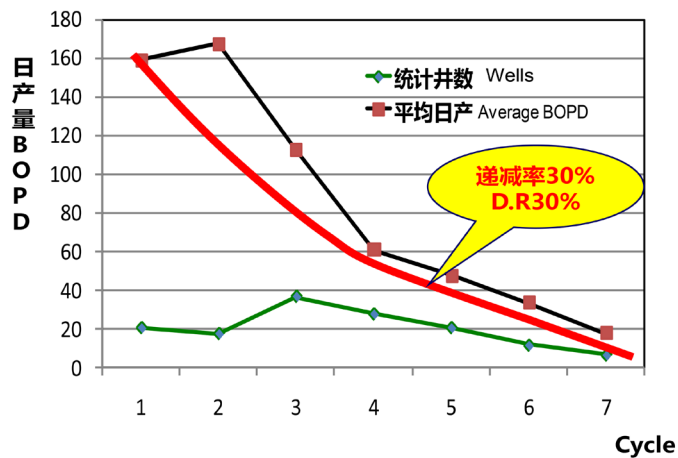


Figure 10. Law of production decline of oil field in GIRSOAL  
图 10. GIRSOAL 油田产量递减规律



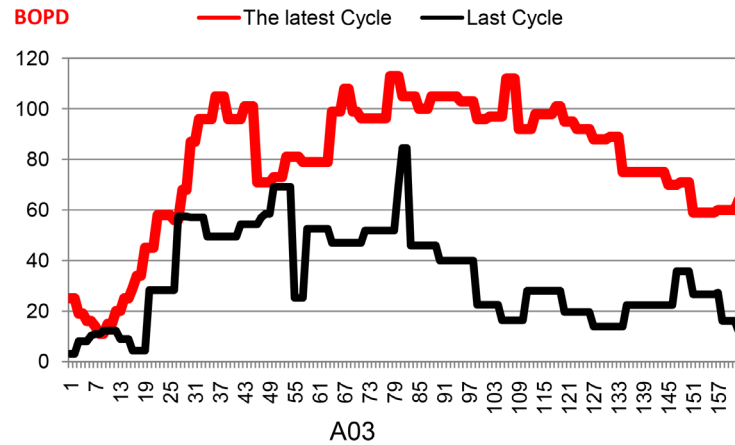


Figure 11. Comparison of production curve before and after optimization of GIR-A03 well

图 11. GIR-A03 井优化前后生产曲线对比

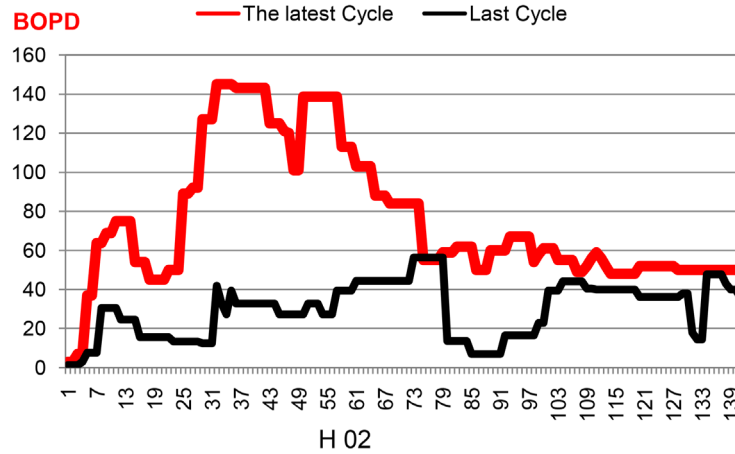


Figure 12. Comparison of production curve before and after optimization of H02 well

图 12. H02 井优化前后生产曲线对比

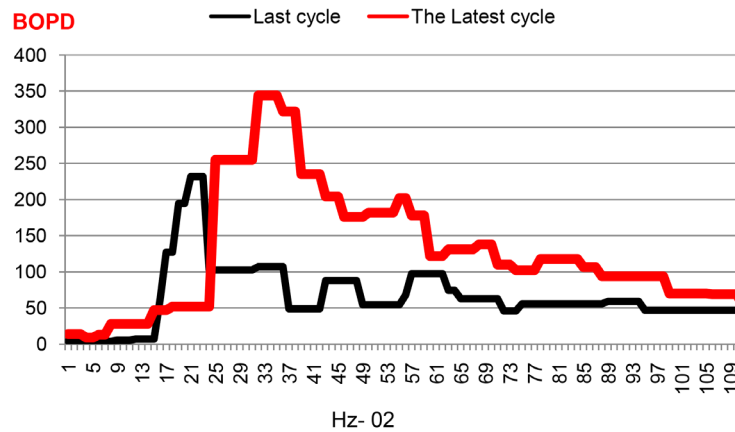


Figure 13. Comparison of production curve before and after optimization of AG-HZ02 well

图 13. AG-HZ02 井优化前后生产曲线对比

以上三口井累积原油增产 22,414 桶，创效益 1335 万元，两相泡沫工艺在 GIRSOAL 油田具有很大的潜力，对于该油田提高采收率和提高单井以及整个油田的产量具有很大的工艺技术价值。

### 3) Jazmin 油田现场应用效果分析

氮气、泡沫调剖优化研究之后在现场进行了应用两口井，效果较好，产量为优化之前的 5~12 倍，产生直接经济效益 12,800,000 万元。在 JAZMIN 油田两口井应用效果对比见图 14 与图 15 所示。

根据图 15-D004 井优化前后生产曲线对比分析，优化使用氮气、泡沫调剖之后峰值产油达到 170 桶/田，为采用调剖之前峰值产油为 10 桶/田，日产油提高 1600%，累计平均日产油 80 桶/田，产量提高 700%；图 16-T02 井优化前后生产曲线对比，优化应用氮气、泡沫调剖之后峰值日产油达到 142 桶/天，平均日产油达到 100 桶，提高 700%~500%。两口井累计周期增油达到 16,000 桶，创效益 10,000,000 万元。可见两项泡沫工艺在该油田具有广阔的应用前景。

从优化后两相泡沫工艺现场应用至今已经增产超过 100 万桶，对于哥伦比亚稠油油田的增产稳产提供了可靠的技术支撑和保障。

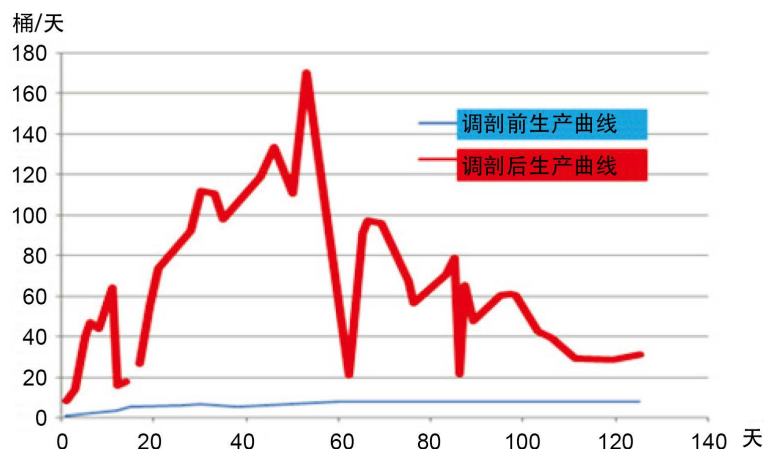


Figure 14. Comparison of the production curve before and after the profile adjust in Jazmin-D004

图 14. JAZMIN-D004 井调剖前后生产曲线对比

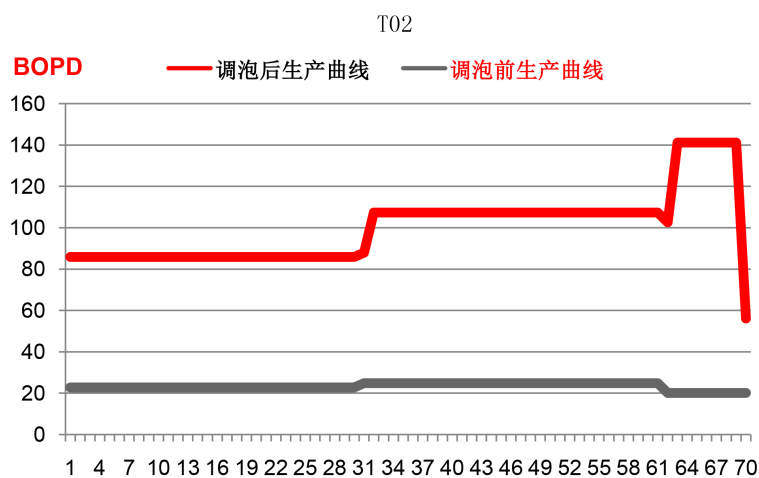


Figure 15. Comparison of the production curve before and after the profile adjust in Jazmin-T02

图 15. JAZMIN-T02 调剖前后生产曲线对比

## 6. 结论

1) 两相泡沫工艺技术在 GIRSOAL 和 JAZMIN 油田取得了较好效果, 不仅提高了单井产量, 而且延长了蒸汽吞吐有效周期, 某些井产量甚至超过了投产初期峰值产量, AG-HZ02 井本周期峰值产量为 344 桶/天, 而该井生产历史上峰值产量最高为 280 桶, 两相泡沫工艺在 GIRSOAL 和 JAZMIN 油田具有很大的应用和推广价值;

2) 同样的氮气、泡沫工艺经过全面的技术优化改进后, 都可以提高油田产量和效益, 要不断探索和引进各种适合各个油田的先进技术, 提高采收率和效益, 在稠油开发领域走在技术的前列;

3) 两相氮气、泡沫工艺技术目前适合 GIRSOAL 油田的大部分井和 JAZMIN 油田部分井, 在少部分井注汽过程中出现了气窜现象, 需要引进新的工艺技术防止气窜的发生, 进一步大力提高产量和采收率;

4) 一些长期封堵大孔道的工艺技术, 如活性凝胶和凝胶颗粒可以适当的引进使用, 对可能发生气窜的井进行长期封堵, 防止井间窜槽, 影响产量和油田效益;

5) 该油田的递减率在 30%左右, 需要进行加密井的开发方式以弥补产量的自然递减, 稠油的递减是很难控制的, 所以在浅层稠油开发领域需要不断的进行新技术的开发采取工艺措施弥补稠油的自然递减, 用加密井的方式进行油田产量的不断提高都是可行和必要的。

## 参考文献 (References)

- [1] 李燕, 柳现春. 圣湖能源 Moriche 稠油油田提高产量关键技术研究[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(23): 6855-6861.
- [2] 程聪. 孤东油田稠油热采氮气泡沫调剖技术现场应用效果剖析[J]. 黑龙江科技信息, 2010, 2(3): 12-15.
- [3] 王弥康. 热力采油与提高原油采收率[J]. 油气采收率技术, 1994(1): 6-7.
- [4] 宋燕高, 牛静, 贺海, 汪伟. 油田化学堵水调剖剂研究进展[J]. 精细石油化工进展, 2008, 9(5): 20-22.
- [5] 吴祖景, 张海春, 王小卉. 氮气泡沫调剖技术现场应用[J]. 科技信息, 2008(10): 45-49.
- [6] 王欣, 杜德林, 朴昌浩, 李巨峰, 耿东士, 崔明月, 何川. 国内外油田化学剂及材料标准现状[J]. 油田化学, 2009, 26(2): 45-50.
- [7] 周雅萍, 赵庆辉, 刘宝良, 郭丽娜, 潘攀, 滕倩. 化学驱油方法提高稠油油藏采收率实验研究[J]. 精细石油化工进展, 2011, 12(5): 3-4.
- [8] 刘志刚. 稠油油藏热采水平井完井技术研究与应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012, 33(15): 60-63.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5639, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [apf@hanspub.org](mailto:apf@hanspub.org)