

新疆油田风城作业区

科技论文集

霍进 主编



石油工业出版社

新疆油田风城作业区 科技论文集

霍 进 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书总结近几年新疆油田风城作业区石油开采的技术成果和实践经验, 主要涵盖油藏工程设计、采油工艺技术、地面工程技术、信息及其他技术内容, 较全面地反映了风城作业区目前油田开发的技术水平和主要发展方向。

本书可供国内油田、科研院所、院校专业技术人员参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

新疆油田风城作业区科技论文集/霍进主编.

北京: 石油工业出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5021-9900-5

I. 新…

II. 霍…

III. 油田开发-新疆-文集

IV. TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 284543 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523589 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 保定彩虹印刷有限公司

2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

880×1230 毫米 开本: 1/16 印张: 28.75

字数: 840 千字 印数: 1—900 册

定价: 116.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

《新疆油田风城作业区科技论文集》

编 委 会

主 编：霍 进

副主编：周光华 樊玉新 李培俊 孙新革 魏新春

编 委：王 鑫 徐海东 佳尔肯·热合木 张 元

李兆杰 张金钟 孙 森 韩先淮 单朝晖

赵建华 张利明 桑林翔 杨兆臣 刘 勇

蒋能记 刘 冬

目 录

油 藏 工 程

风城超稠油双水平井蒸汽辅助重力泄油开发试验	霍 进 杨 果 苏长强等 (3)
风城侏罗系超稠油蒸汽吞吐开发特征研究	赵长虹 杨兆臣 王 丽等 (10)
风城浅层超稠油水平井开发实践与认识	赵长虹 赵慧龙 邢向荣 (19)
风城油田重检 3 井区齐古组低阻超稠油油藏稳产方案研究	张 宇 何 强 龙 东等 (26)
灰色关联度分析在超稠油油藏效果评价方面的应用	何 强 吕柏林 姜 涛等 (30)
乌 5 井区克下组特低渗低饱和油藏井网调整研究与实践	吉庆鹏 刘海上 (34)
夏子街油田夏 9 井区特低渗砂砾岩油藏高含水期稳产技术研究	熊 良 祝先贵 陈学杰等 (40)
重 32 井区超稠油水平井蒸汽吞吐开发实践	赵长虹 杨兆臣 陈学杰 (48)
重 32 井区超稠油油藏组合注汽应用分析	熊 伟 马哲斌 刘江林等 (52)
重检 3 井区低阻超稠油油藏认识及开发效果分析	赵长虹 何 强 张 宇 (57)
注氮气辅助水平井蒸汽吞吐在浅层超稠油油藏开发中的应用	赵慧龙 李建新 熊 伟等 (61)
双水平井蒸汽辅助重力泄油汽腔上升阶段注采调控技术研究	桑林翔 刘 名 解阳波等 (65)
浅层超稠油双水平井 SAGD 注采调控技术跟踪研究	邱 敏 马 鑫 成永强等 (69)
风城超稠油双水平井 SAGD 循环预热实践	苏长强 成永强 邵一臻等 (74)
精细地质建模技术在双水平井 SAGD 开发中应用——以重 37 井区 SAGD 试验区为例	杨万立 梁剑锋 李 婷等 (78)
蒸汽辅助重力泄油循环预热阶段优化控制技术	霍 进 桑林翔 苏长强等 (83)
直井吞吐产能经验公式推导及应用	吕柏林 李 婷 姜 丹等 (87)
井间电位监测技术在重 32 井区稠油油藏地表汽窜治理中的应用	李建新 杨 春 蔡国清 (92)
浅层超稠油油藏地表汽窜地下高温封堵治理研究及应用	李建新 赵长虹 何 强等 (95)
重 32 井区浅层超稠油油藏小井距蒸汽驱初期开发效果评价	李建新 赵长虹 赵慧龙 (101)
SAGD 试验区管柱适应性分析与评价	佟 娟 王奎举 李 阳等 (105)
SAGD 试验区机抽初期效果研究	杨 军 尤胜杰 伍文英等 (111)
提高 SAGD 数据质量技术研究与实践	周 洁 朱 峰 侯典鹏等 (117)
准噶尔盆地西北缘油砂资源评价及开发前景	孙新革 杨瑞麒 常毓文等 (125)
超稠油双水平井蒸汽辅助重力泄油不同开采阶段参数优化	孙新革 何万军 胡筱波等 (131)
判断自喷条件下蒸汽辅助重力泄油生产状态的新方法	孙新革 赵 睿 杜卫星等 (136)

采 油 工 艺

风城超稠油双水平井 SAGD 采油配套工艺研究及应用	魏新春 杨宇尧 童玉宝等 (141)
浅层超稠油水平井分段完井工艺技术研究及效果分析	张金钟 童玉宝 王建国等 (146)

螺杆泵采油技术在风城超稠油油田的应用	刘建新 鲜菊 赵婷等	(151)
乌5井区百口泉组储层压裂改造技术研究——基于裂缝诊断技术的压裂设计优化	赵婷 鲜菊 刘建新等	(155)
优化设计 提高乌夏油田低产井泵效——以乌5井区克拉玛依组为例	赵婷 鲜菊 刘建新等	(163)
定向注水井分层注水及配套测试技术研究与应用	刘勇 郎建军 杨宇尧	(170)
风城油田水平井开采工艺技术研究应用	杨宇尧 刘建新 鲜菊等	(174)
乌尔禾油田防偏磨工艺现状分析及对策研究	刘建新 童玉宝 刘刚等	(181)
浅层超稠油水平井冲砂工艺应用研究	李庭强 王建国 尹海等	(187)
井下点滴缓蚀阻垢工艺在乌尔禾油田的应用	李新强 张金钟 祝先贵等	(192)
射压转一体化管柱技术在乌尔禾丛式平台井中的应用	李新强 张金钟 金万臣	(199)
风城超稠油水包油降黏体系评价研究	王亮 魏新春 杨宇尧	(203)
新疆油田浅层超稠油水平井抽油杆柱配套技术研究与应用	杨宇尧 胡新玉 陶宏等	(207)
SAGD 光杆注脂密封装置的仿真设计及应用	杨宇尧 童玉宝 王宏等	(213)
稠油井筒降黏举升技术研究进展	霍进 丁彬 王迪等	(218)
浅层超稠油油藏地表窜喷治理技术	霍进 张元 桑林祥等	(225)
抽油杆柱三维力学模型的建立与分析	杨宇尧 王恺毅 张金钟等	(234)
夏子街油田油转气井综合治理技术浅析	杨宇尧	(240)
重32水平井开采工艺技术应用	杨宇尧 张金钟 李新强等	(244)
稠油水热裂解催化降黏的室内研究	贾剑平 胡新玉	(250)

地面工程

高泥砂稠油污水测定方法分析与研究	刘俊德 陈弘毅 张贤明等	(257)
电絮凝与旋流技术处理油田污水的研究	李志国 甄建 郑小林等	(261)
风城油田稀油污水处理系统的运行管理	王亮 李婷 扬帆	(267)
高效低能耗原油破乳技术应用评价	李志国 孙森 胡新玉等	(275)
SAGD 采出液含水率误差分析及测定技术研究	杨宇尧 王亮 常香芹等	(279)
锥形孔板流量计在 SAGD 蒸汽计量中的应用和比对	杨宇尧 常香芹 赵红等	(285)
风城油田注水杀菌技术现状	胡新玉 樊玉新 刘勇等	(291)
污水处理系统中悬浮形成机理及处理方法	李志国 甄建 郑小林等	(296)
新疆油田风城超稠油污油热化学处理技术研究	王亮 孙森 刘东明等	(303)
原油脱水影响因素及参数优化研究	李志国 王亮	(309)
风城稠油高温净化污水回用注汽锅炉效果分析与应用	吴丽萍 朱汉青 刘贤平	(317)
循环流化床锅炉在风城稠油热采中的研究及应用	吴丽萍 赵建华 韩志强等	(322)
过热注汽锅炉研究及规模化应用	吴丽萍 赵建华 李明等	(330)
油田注汽锅炉燃烧器对比及研究	李明 吴丽萍 张江斌	(337)
膜过滤装置在稠油污水处理中的效果分析	刘俊德 陈兆录 张晔等	(342)
高含油污水旋流除油技术研究及应用	陈兆录 窦玉明 马占江等	(348)
风城超稠油破乳脱水技术研究及应用	窦玉明 孙晓冬 王浩	(355)
风城超稠油集输处理技术攻关研究	刘俊德 孙森 胡新玉	(361)

超稠油掺柴油降黏脱水技术研究及应用 孙晓冬 刘东明 聂松等 (370)

信息及其他

HAZOP 分析方法在集输站库中的应用探讨 李志国 甄建 郑小林等 (381)

基于 SmartPro 的 DCS 监控系统设计与实现 李志国 蒋其斌 (386)

远程实时监控分线计量系统在联合处理站中的应用 李志国 杨松柏 (391)

油气处理锅炉实时预警系统设计 谢光华 蒋能记 刘馨霞等 (396)

浅谈油田地面工程信息系统定制应用 郑金凤 宁晓波 王晓君等 (403)

SAGD 井自动化监测系统建设研究 蒋其斌 兰文涛 吴越等 (409)

流化床燃煤锅炉控制系统设计 张汇 蒋其斌 罗萌等 (414)

SAGD 试验区配套自动化研究与应用 陆兴 蒋能记 谢光华等 (418)

物联网技术在油田安全生产管理中的应用 陆兴 张汇 艾山江·吾斯曼等 (424)

ASP. Net 开发平台在 Web 应用程序开发中的应用 杨开赞 兰明菊 王桂庆等 (429)

风城油田油藏桌面可视化系统的建设 杨开赞 宿建春 韩菲等 (438)

基于 .net 实现 Excel 在 Oracle 数据库中的导入导出功能 郭霞 郑金凤 兰明菊等 (444)

油 藏 工 程

风城超稠油双水平井蒸汽辅助重力泄油 开发试验

霍 进 杨 果 苏长强 郜一臻 肖武林

摘 要：风城超稠油黏度大，埋藏浅，常规开采难度大，采出程度低。借鉴国外类似油藏开发的经验技术，结合油藏自身特点，运用双水平井 SAGD 稠油开发技术，在 2008 年和 2009 年相继建立了重 32、重 37 井区 SAGD 试验区。在实际生产中由于循环预热压差控制和管柱结构不合理，导致水平段连通性差，动用程度低，极易汽窜，生产波动大。为了提高 SAGD 开发效果，以强化精细地质研究工作为前提，应用三维地质建模研究储层物性及隔层空间分布，精细认识油藏地质特点；对 SAGD 循环预热阶段进行总结梳理，确定预热阶段的核心调控技术是压差控制；在 SAGD 生产阶段，蒸汽腔供液能力是核心，注汽是前提，采出是保障，以保证三者的平衡是关键为指导思想，对整个试验区不断地探索、分析、总结，逐渐形成一套成熟的 SAGD 开发调控技术。

关键词：超稠油 地质建模 SAGD 循环预热 调控技术

1 试验区精细地质研究

蒸汽辅助重力泄油（SAGD）基本原理是以蒸汽作为热源，依靠凝析液的重力作用开采稠油。蒸汽由注入井注入油层，注入的蒸汽向上及侧面移动，加热降黏的原油在重力作用下流到生产井。随着原油的不断采出，蒸汽腔逐渐扩大，占据了原油所在的孔隙体积。而在已实施 SAGD 试验区油藏中，存在非均质性强、隔夹层发育不稳定的问题，隔夹层影响蒸汽腔的向上扩展，蒸汽腔发育迟缓，且易造成单点汽窜，SAGD 生产效果不理想。因而查明油层中隔夹层空间分布，寻找有利注采对应点，是蒸汽腔持续扩展的前提，针对试验区生产现状，需要开展精细三维地质模型研究。

1.1 隔夹层模拟

确定隔夹层的井间展布是岩相建模的一个难点。本次所用的隔夹层的井间预测方法称为条件模拟法，其原理是：首先用沉积学理论和储层沉积结构单元方法，预测和分析不同沉积类型砂体隔夹层的空间分布规律，同时利用密集井网资料定量统计夹层的宽厚比等信息，用韵律层对比技术定性预测井间夹层的分布，用物性截断法或条件模拟法模拟较稳定和不稳定的夹层，最终利用 Petrel 储层建模软件建立隔夹层空间分布的三维模型。对于稳定分布的隔夹层可进行确定性建模，而分布不稳定的隔夹层可进行随机建模，两者建模方式的有机结合可提高隔夹层描述的精度。

1.2 储层非均质性研究

油藏属性建模是地质建模的重要目的，能精细反映储层物性变化。油藏属性建模是在所建立构造模型的基础上，根据目标区内的单井地质、测井资料，并结合地质统计学，在高斯变换和变差函数分析的基础上，以单井物性数据为主要数据，以粗化后的井数据和变差函数分析结果为约束数据，进行储层物性模拟，建立各层的孔隙度（图 1a）、渗透率（图 1b）、含水饱和度（图 1c）等物性参数的三维数据体。属性模型反映出试验区储层物性差别不大，但小层内隔夹层较发育。

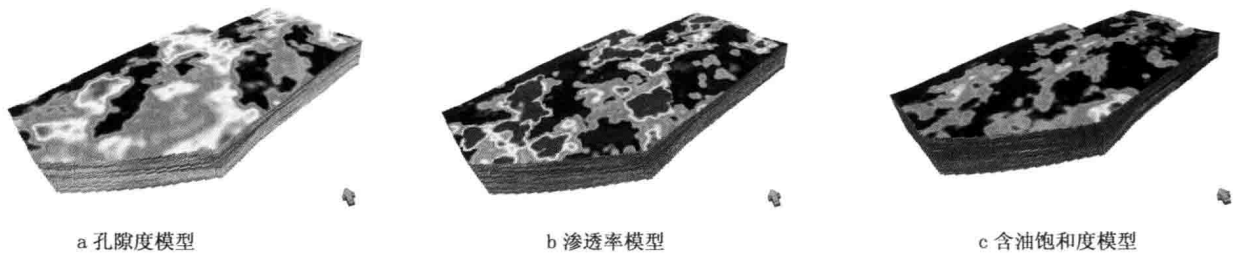


图1 储层物性模型图

1.3 隔夹层对 SAGD 生产的影响

隔夹层对 SAGD 生产的影响是相当复杂的，在很大程度上取决于其三维空间的分布情况，连续夹层会抑制蒸汽和流体通过，限制夹层上部的驱替作用。假设油层厚度为 25m，在距离油层顶界 13m 处存在一连续的 2.5m 的隔夹层，分别对非渗透性隔层和隔层渗透率为 $20 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $300 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 进行研究。

由从图 2 和图 3 可以看出：隔层为非渗透性隔层时，SAGD 开发过程中，蒸汽腔只在隔层下部的油层发育；对于渗透率小于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的物性隔层，蒸汽腔优先在物性隔层下部发育，相应的产油高峰出现较晚；当物性隔层的渗透率大于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 时，物性夹层对蒸汽腔的发育和 SAGD 的开发效果影响都较小。

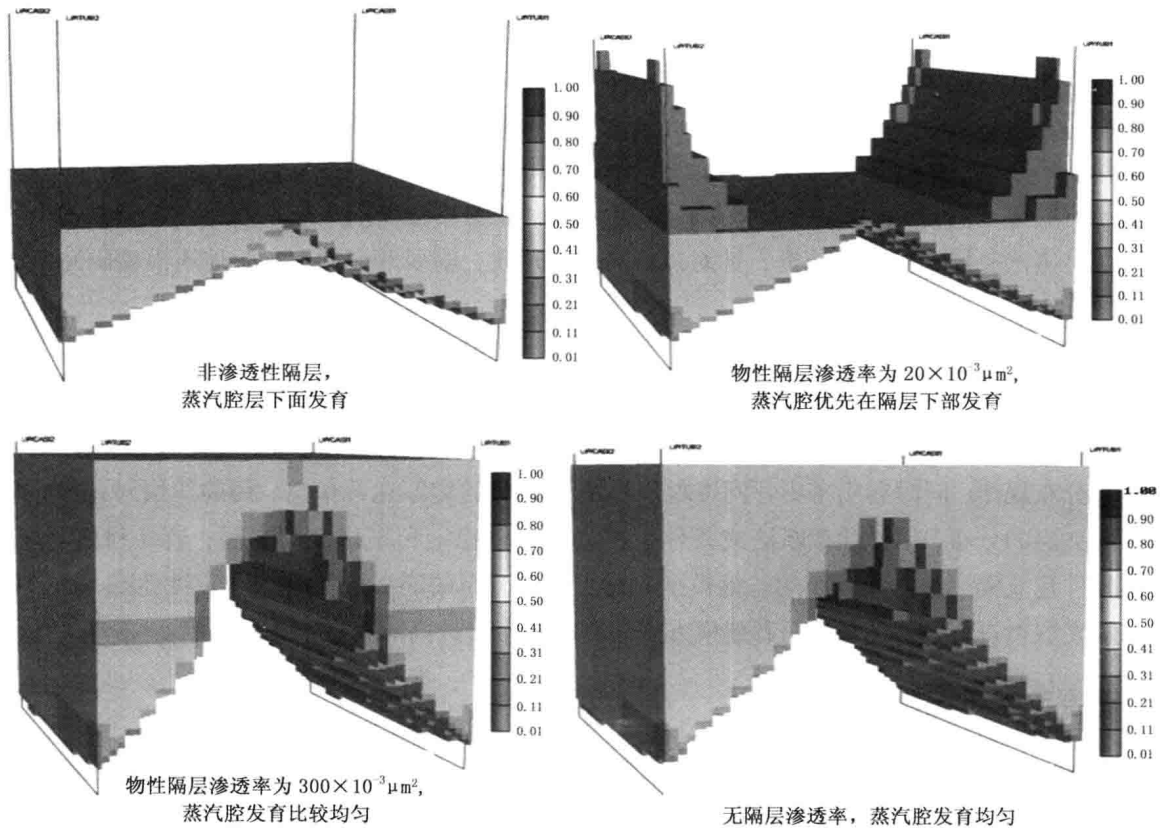


图2 不同渗透性隔层蒸汽腔发育图

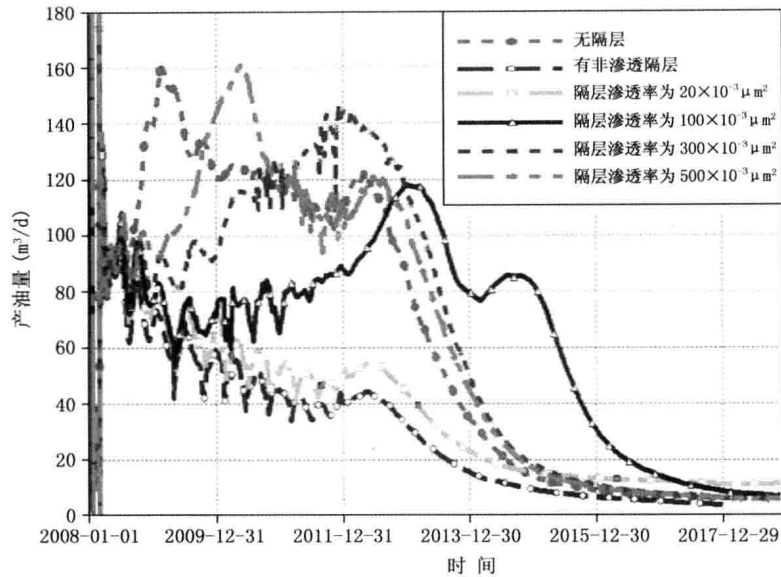


图3 不同渗透性隔层产油动态图

2 循环预热阶段优化控制技术

通过对试验区各井组循环预热效果分析,将试验区连通状况分为3类:第1类是连通程度较好,连通段占水平段长度50%以上;第2类是连通长度短,不足水平段长度一半;第3类是多点或多段连通易汽窜的井组。针对预热效果不理想的井组,从现场实践角度出发,归纳总结出试验区预热阶段的主要问题为管柱结构和压差控制。

2.1 合理的管柱结构

在两个试验区的现场实践中,重32试验区采用了光油管注汽、油套环空排液的管柱结构,使用套管排液,因环空面积太大,导致在汽液两相管流中易出现蒸汽滑脱现象。为了保证排液,各井组注汽压力越来越高,同时又为了保证蒸汽的换热效率,认为返出液温度应低于所对应的饱和温度,通过频繁的停井换油嘴来控制出液温度,致使重32试验区的现场调控一直处于一种矛盾的状态,极不稳定,导致注汽压力失控,排液不畅,注采不平衡。而重37井区SAGD试验区采用双管结构,即长管注汽、短管排液,成功地避免了排液滑脱的问题;但因注汽井长管后端打孔,导致打孔短节位置蒸汽温度与水平段末端温度相差太大,蒸汽未到达水平段“趾端”,后段预热效果差,无法做到水平段均匀预热。

在预热阶段,管柱结构的合理性是调控的基础;因此综合考虑两个试验区的管柱特征,推荐出注采井都采用相同的双管结构,短管下到A点附近,长管不打孔,保证蒸汽到达水平段“趾端”,排液不出现滑脱现象。

2.2 科学控制压差

通过对试验区预热阶段历史数据的认真梳理,可以发现两个特征:施加压差无法做到人为控制,两井间的压差会一直存在于整个预热阶段;控制压差是关键,只有蒸汽干度、环空压力、注汽速度、排液速度的调控稳定才能得到保障。

环空压力、注汽速度、排液速度,这几项参数互相影响,任何一项参数波动太大,都会造成其

他参数出现变化；进而在注采井间形成压差。在两个试验区的现场实践中，管柱及现场的工艺条件制约着参数调控的准确性和稳定性，从试验区现场调控中可以看出井间压差一直存在（图3），井间施加压差的目的在于使两口井间的原油流动起来，而施加合理的压差在现场操作中难以实现，操作不好还会导致在井间油层物性较好的部位形成优先流动通道。

对试验区连通长度达到水平段长度50%以上的井组进行分析，发现即使压差一直存在，但控制在合理范围内，也可以达到较好的预热效果，在试验区的现场操作过程中，通过产液端加装油嘴，保持产液速度和锅炉工况稳定，保证注汽压力和注汽速度相对稳定，可以将井间压差控制在一定范围内（图4），并相对稳定，这样将更适合于现场实施应用。

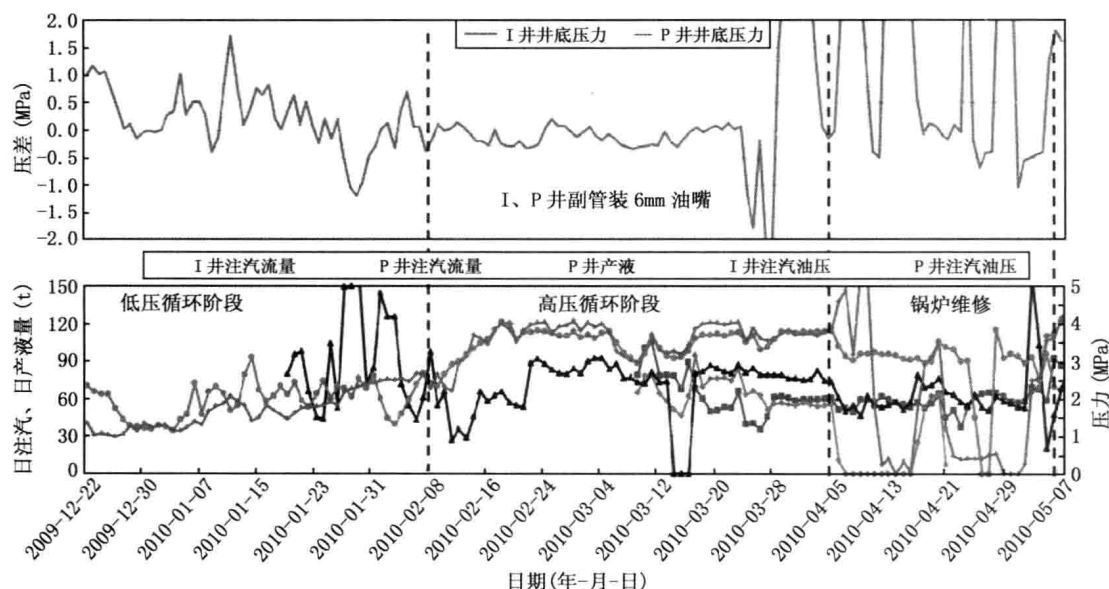


图4 压差控制曲线图

3 SAGD 生产阶段优化控制技术

3.1 优化举升方式

重32、重37井区SAGD试验区初期采用自喷方式生产，需要保持较高操作压力提供举升能量，这种生产方式使井组产液量受操作压力影响，生产不稳定，产量波动大，增加了调控难度。根据风城油田SAGD的特点，优化举升方式，对所有井组安装长冲程抽油机，采用以机抽生产为主、自喷生产为辅的生产方式。在现场实际操作中，通过抽油机参数的调节，保证生产井在压力降低时具有一定的产液量，通过油嘴的调节对生产井最大产液量进行控制。通过实施举升方式的优化，蒸汽腔平均操作压力降低0.4MPa，平均出液温度降低30℃，重32井区SAGD试验区油气比由0.18提高到0.36，日产油量由77t提高到133t，且生产稳定，生产效果大幅改善。

3.2 优化注采点

SAGD注汽水平井注汽点一般选择注汽井上部油层连续性好、隔夹层不发育的部位，采液点选择水平段连通较差部位，结合井下管柱结构制订目前生产条件下最优注采点。综合考虑油藏隔夹层发育状况、水平段连通长度、位置及井下管柱结构等因素确定合理注采点。通过优化注采点，有利

于建立汽液界面，有效避免单点突破或段汽窜。

3.3 汽液界面控制

蒸汽腔泄油能力是核心，注汽是前提，采出是保障，保证三者的平衡是关键。平衡体现在汽液界面处于合适的位置，若汽液界面过低，容易汽窜，位置过高，不利于蒸汽腔的发育，只有汽液界面靠近于生产井上方，实现最佳排液，才能既有益蒸汽腔的发育，又利于平稳调控，稳定生产。

通过对试验区各井组生产历史分析，初步判断蒸汽腔供液能力，参考蒸汽腔供液能力来匹配注汽量，通过后期动态跟踪蒸汽腔操作压力，以确定注汽量是否合适并进行相应调整。在匹配好合适注汽量的前提下，通过调整油嘴和冲次控制产液量，保持井底液面，根据井下温度监测判断连通类型。结合现场试验跟踪分析，连通类型主要分为单点连通、两点连通和多点连通3类。

3.3.1 单点连通

单点连通的井组具有产液量低，最低 sub-cool 值（sub-cool 值指井下某点压力对应的蒸汽饱和温度与该处实际温度的差值）易控制的特点，但是水平段连通长度增加较慢。

以 FHW104 井组为例，运用汽液界面控制技术，以蒸汽腔供液能力为依据，匹配合适的注汽量，通过调节产液端油嘴及抽油机冲次，使井底出液处 sub-cool 值在 18℃ 左右，此时采出液含水率大幅降低，由 74.7% 降至 63.3%，日产油量由 16.8t 升高至 22.1t，且生产特征稳定。

3.3.2 两点连通

两点连通的井组具有汽液界面控制难度较大、两处出液点易相互抑制、水平段连通长度增加较快的特点。由于水平段有两处出液点，若前段的出液点处 sub-cool 值低，后段出液点 sub-cool 值高，将会出现前段抑制后段出液速度的现象，即后段流速减慢，温度降低，影响后段的动用程度；反之，后段抑制前段出液速度，前段动用程度减弱（表 1）。因此为了实现整体均匀动用，增大连通长度，以最低 sub-cool 值为调控依据，使其值保持在 10 ~ 20℃ 范围，然后平衡整个水平段温度，直到温度分布均匀，再进行增汽提液。以 FHW106 井组为例，通过运用汽液界面控制技术，在井下 375 ~ 555m 出现新连通（图 5）。

表 1 主要出液点温度和 sub-cool 值统计表

日期	375m 监测点		465m 监测点		555m 监测点	
	流体温度 (°C)	sub-cool 值 (°C)	流体温度 (°C)	sub-cool 值 (°C)	流体温度 (°C)	sub-cool 值 (°C)
2011-12-25	220	5	198	27	204	21
2012-01-14	204	11	203	12	206	9
2012-02-23	205	20	203	22	205	20
2012-03-06	206	19	208	17	205	20

3.3.3 多点连通

多点连通的井组具有主要出液点位置，易变化，多个出液点相互抑制，汽液界面控制难度大，易形成蒸汽突破的特点。因此最低 sub-cool 值调控点容易变化（图 6），多点连通类型的井组比两点连通类型井组所需调控时间更长；但是待汽液界面调整后，整个水平段动用程度也是所有连通类型中提高幅度最大的。

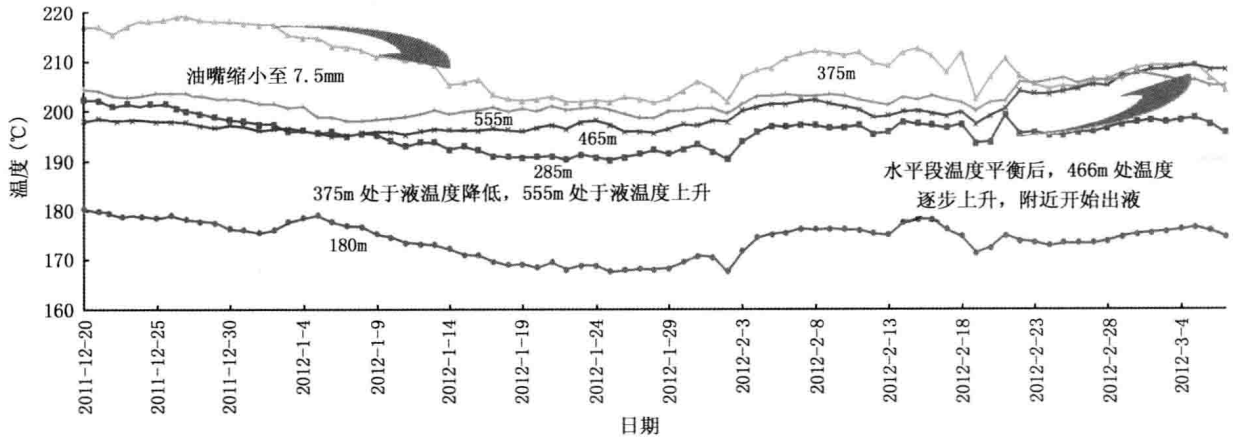


图5 FHW106P 井下监测温度曲线图

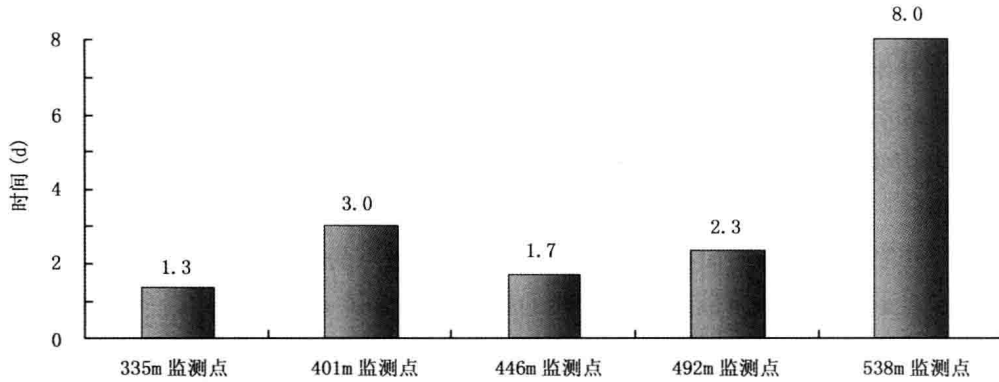


图6 15天内监测点出现最低 sub-cool 值时间统计图

以 FHW207 井组为例，缩小油嘴后，主要出液点最初显示在井下 401m 处，随着生产时间推移，主要出液点位置不断发生变化，通过近 10 天水平段温度平衡，监测点显示大部分出液点温度逐渐趋于一致，且水平段后端 721m 处温度上升，后端开始动用，该井组生产形势逐步转好（图 7）。

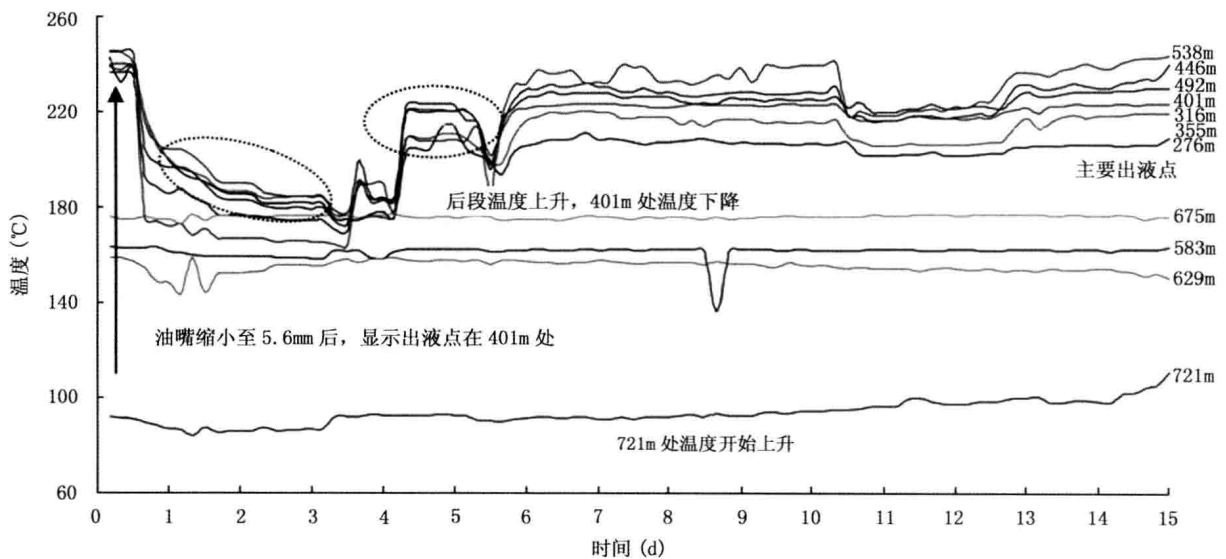


图7 FHW207 井 15 天井下监测温度曲线图

3.4 应用效果

通过在重 32、重 37 井区 SAGD 试验区实施举升方式优化、注采点优化和汽液界面控制三大关键调控技术，解决了操作压力对产液量的限制，使 SAGD 产液量上升，有效地避免了汽窜现象的发生，同时保持了汽液界面的合理位置，不仅实现了井组高效稳定排液，而且加快了蒸汽腔发育。三大关键技术实施近一年时间，整个试验区日产油量上升到 280t，提高了近 120t，油气比也由 0.16 提高到 0.28，同时单井组日产油水平达到方案设计指标，生产效果大幅提高。

4 取得的认识

(1) 通过对 SAGD 试验区油藏地质特征的深入认识，以及建立精细三维地质模型，发现各井组的“孔、渗、饱”差别不大，油层厚度、隔夹层的空间展布特征和生产调控是影响 SAGD 试验区各井组开发效果差异的主要因素。

(2) 充分的、完善的循环预热是 SAGD 技术开采超稠油成功与否的关键，循环预热阶段必须保证管柱结构合理；否则，将制约各项控制参数稳定性，失去现场调控的基础。同时在循环预热阶段现场实践中，树立以控制压差为核心的操作观念，避免形成井间优先渗流通道。

(3) 蒸汽腔泄油能力是核心，注汽是前提，采出是保障，保障三者的平衡是关键。以蒸汽腔化液能力为核心，调节控制水平段最高流体温度低于该处压力下饱和温度 10~20℃，以控制汽液界面在合适的高度，保证 SAGD 稳定高效生产。

参考文献

- [1] 范耀, 刘易非, 茹婷, 等. 稠油高温气体辅助蒸汽驱的可行性研究 [J]. 新疆石油地质, 2010, 31 (5).
- [2] 严耀祖, 段天向. 厚油层中隔夹层识别及井间预测技术 [J]. 岩性油气藏, 2008, 20 (2).
- [3] 韩梅. 曙一区杜 84 块 SAGD 开发三维建模和数值模拟研究 [J]. 石油地质与工程, 2010, 24 (3).
- [4] 曾焯, 周光辉. 水平井蒸汽辅助重力驱双模研究初探 [J]. 石油勘探与开发, 1994, 21 (5).
- [5] 梁金国, 全光辉. 水平井蒸汽辅助重力泄油凝结水膜对泄油率的影响 [J]. 石油大学学报 (自然科学版), 2001, 25 (6).
- [6] 钱根宝, 马德胜, 任香, 等. 双水平井蒸汽辅助重力泄油生产井控制机理与应用 [J]. 新疆石油地质, 2011, 32 (2).

第一作者简介: 霍进 (1967 年生), 男, 教授级高级工程师, 博士, 2005 年毕业于西南石油学院, 主要从事油气田开发研究工作。

风城侏罗系超稠油蒸汽吞吐开发特征研究

赵长虹 杨兆臣 王 丽 方雪莲

摘 要: 风城超稠油油藏继 2007 年蒸汽吞吐开发试验后, 2008 年在重 32 井区开展了工业性开发, 随着新区不断投入, 产能规模迅速扩大, 至 2011 年风城超稠油总计投产油井 1430 口, 产能规模 $146 \times 10^4 \text{t}$, 其中蒸汽吞吐产能规模达 $136 \times 10^4 \text{t}$ 。随着蒸汽吞吐开发的深入, 风城浅层超稠油显现出独特的开发规律及特征, 相对于普通稠油周期生产时间短, 平均只有 60 ~ 100 天, 周期内生产变化呈现四段式, 周期间生产效果先升后降等等。通过对该区浅层超稠油蒸汽吞吐开发规律的研究, 进一步认识浅层超稠油开发规律及特征, 为今后提高开发效果奠定了基础, 也为同类油藏的开发提供借鉴经验。

关键词: 风城油田 浅层超稠油 蒸汽吞吐 开发规律

风城油田浅层超稠油油藏经过近 4 年的蒸汽吞吐规模开发, 产能规模逐步扩大, 后续仍将有几百万吨的产能投入。通过分析近几年吞吐开发规律, 明确开发过程中的注汽特征、生产特征、变化规律, 有助于进一步指导后续产能建设及改善吞吐开发效果, 并为同类油藏的开发提供借鉴经验。

1 基本情况

风城油田位于准噶尔盆地西北缘北端, 距克拉玛依区东北约为 130km, 构造位于乌夏断褶带的夏红北断裂上盘中生界超覆尖灭带上, 依次沉积了石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系和局部古近系一新近系、第四系。超稠油油藏主要分布在下侏罗统八道湾组和上侏罗统齐古组。截至 2011 年底, 累计探明含油面积为 56.98km^2 、地质储量 $13771.6 \times 10^4 \text{t}$, 属于储层埋藏浅、孔渗性好、原油黏度高、地层能量低的超稠油油藏 (表 1)。

表 1 风城油田侏罗系超稠油油藏投入开发区块油藏参数表

区块名称	重 32 井区				重 43 井区	重检 3 井区	重 18 井区	
	J ₃ q ₁	J ₃ q ₂	J ₃ q ₃	J ₃ q 平均	J ₁ b	J ₃ q	J ₁ b	J ₃ q
油藏埋深 (m)	190.0	215.0	235.0	213.3	430.0	480.0	440.0	390.0
有效厚度 (m)	18.8	12.0	8.0	12.9	9.8	9.1	10.2	8.7
孔隙度 (%)	30.8	31.6	30.0	30.8	26.5	27.2	26.2	29.9
渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	4650	4173	1786	3536	421.07	1605	568	1605
含油饱和度 (%)	68.90	69.00	67.00	68.30	73.19	57.00	65.20	65.60
50℃原油黏度 (mPa·s)	22563	13741	12896	16400	19394	5300	11362	13650
原油密度 (g/cm^3)	0.9650	0.9590	0.955	0.9597	0.9614	0.9530	0.9610	0.9620
原始地层压力 (MPa)	1.890	2.130	2.32	2.11	4.07	5.146	4.45	3.850
原始地层温度 (℃)	16.37	16.92	17.36	16.88	21.01	22.78	22.40	21.30

风城超稠油自 2007 年开始蒸汽吞吐热采试验, 2008 年正式投入开发, 截至目前已投入开发的有 4 个稠油区块, 全部采用蒸汽吞吐开发, 井型包括了直井和水平井, 且水平井实现了规模应