

付国太 刘洪军 主 编

葡萄花油田 高含水期开采工艺技术

PUTAOHUAYOUTIANGAOHANSHUIQIKAICAIGONGYIJISHU

石油工业出版社

葡萄花油田 高含水期开采工艺技术

付国太 刘洪军 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了葡萄花油田高含水期开采工艺技术,包括注水工艺、油层改造工艺、提高采收率工艺、钻井完井工艺、控制无效注水循环工艺、延长作业免修期和油水井大修等工艺技术,并且着重介绍了两个综合治理实例。

本书适于从事油田开发的专业技术人员,石油院校研究人员及师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

葡萄花油田高含水期开采工艺技术/付国太,刘洪军主编.

北京:石油工业出版社,2007.8

ISBN 978-7-5021-6182-8

I. 葡…

II. ①付…②刘…

III. 石油开采-技术

IV. TE355

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 110784 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.cn

发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:13.5

字数:344 千字 印数:1—1000 册

定价:48.00 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

《葡萄花油田高含水期开采工艺技术》

编 委 会

主 任：赵玉昆 陈会军

主 编：付国太 刘洪军

副 主 编：张 柏 任怀丰 李结实

主编助理：李庆伟 曹鼎洪 樊 英 马忠合 韩光鹤

寇洪彬 付卫东

编写人员：张艳波 高立峰 李 涛 曾志林 许万利

黄晶阳 李 波 倪玉伟 尚可心 葛军文

王汉龙 宋志钊 安喜德 汝友林 宋成清

屈振国 孟庆胜 张艳艳 侯志新

前 言

大庆外围葡萄花油田于 1979 年投入开发,截至 2006 年底已开采 27 年,油田经历了无水采油、低含水采油(油田综合含水小于 40%)、中含水采油(油田综合含水 40% ~ 60%)、高含水采油(油田综合含水 60% ~ 80%)、高含水中后期采油(油田综合含水在 80% 以上)五个阶段。截止到 2006 年底,葡萄花(葡花)油田综合含水已达到 89.73%。随着油田井入高含水采油阶段,出现了油田开发分层注水和分层开采难度系数增加,平面矛盾难以调整,无效注水循环现象严重,控制含水上升难度大,吨油能耗逐年增加等诸多技术问题,面对这些技术问题,葡萄花油田员工努力攻关、刻苦钻研,通过理论与实践相结合,经过多年的开发实践,形成了一整套适合葡萄花油田高含水期的开发技术。

本书粗浅总结了葡萄花油田高含水期开采实践中,采油工程技术人员研究和认识的部分成果,并结合其他油田高含水开发的成功经验,阐述了油田注水、油层改造、提高采收率、钻井完井、控制无效注水循环场、延长作业免修期和油水井大修等技术,共 10 章,分别由多年从事采油工程研究的工程师编写。

本书在编写过程中,得到了大庆石油学院老师范振忠的精心指导。在收集资料、编写提纲及内容编排等方面,得到了采油七厂地质大队的大力协助和支持,在此一并表示感谢。

因作者水平有限,文章中难免有不妥之处,请专家、读者给予批评指正。

编著者

2007 年 5 月

目 录

第一章 葡萄花油田地质特征及开发规律	(1)
第一节 地质概况	(1)
第二节 储层物性	(2)
第三节 开发井网合理部署	(2)
第四节 高含水期开发规律	(3)
第二章 提高水井注水能力	(8)
第一节 水质对注水质量的影响	(8)
第二节 井口精细过滤技术	(8)
第三节 注水井酸化技术	(10)
第四节 表面活性剂增注	(15)
第三章 改善油井生产能力方法	(20)
第一节 压裂改造	(20)
第二节 化学解堵	(34)
第三节 物理采油	(57)
第四章 控制无效注水循环方法	(65)
第一节 大孔道识别技术	(65)
第二节 细分层注水工艺	(67)
第三节 化学浅调剖工艺	(78)
第四节 深度调剖工艺	(86)
第五节 堵水工艺	(108)
第五章 提高采收率方法的研究与应用	(111)
第一节 聚合物驱油试验	(111)
第二节 CDG 调驱试验	(118)
第六章 提高钻井、完井效果方法	(120)
第一节 提高钻井效果方法	(120)
第二节 提高完井效果方法	(133)
第三节 油层保护技术	(138)

第七章 延长作业免修期方法	(140)
第一节 防偏磨配套技术	(140)
第二节 防抽油杆断脱技术	(141)
第三节 防砂技术	(142)
第四节 高效投捞、测试配套技术	(143)
第八章 套损防护及油水井大修工艺	(146)
第一节 套损检测方法	(146)
第二节 套损机理及预防	(148)
第三节 解卡打捞工艺	(151)
第四节 整形与补贴加固工艺	(155)
第五节 套管取换	(157)
第六节 工程报废	(160)
第九章 提高开发效益配套技术	(163)
第一节 节能工艺技术	(163)
第二节 提捞采油配套技术	(175)
第十章 综合挖潜实例	(180)
第一节 葡南八断块整体调剖试验	(180)
第二节 葡北三断块综合挖潜试验	(188)

第一章 葡萄花油田地质特征及开发规律

第一节 地质概况

一、地理条件

葡萄花油田属大庆长垣南部的一个低渗透油田，位于黑龙江省安达市与肇源县附近，按地理位置可划分为葡北油田、葡南油田、太南油田、敖包塔油田、台肇油田和敖南油田。油田所处地势平坦，略有起伏。地表为黏土和砂质黏土覆盖，在低洼地区，由于地下水位高，雨季泄水不畅形成泥泞沼泽盐碱地，而在地势较高部位，则为农田耕地。

二、区域地质与勘探史

葡萄花构造是大庆长垣二级构造带上最南部的一个三级构造，西北与高台子构造以向斜相接，东北与太平屯构造以向斜相接，构造向南延伸部分即敖包塔构造。

1959年12月葡萄花构造第一口探井葡7井喷油，5mm油嘴日产油26.7t，证实了葡萄花构造是一个具有工业价值的油田。1960年至1964年在葡20井附近的9口井组成十字剖面进行试采。1976年为编制稀井高产的油田开发方案，进一步研究葡萄花油田地质特征，随着生产试验区的扩大，试验区的面积为26.3km²，600m井距，反九点面积井网，新钻井57口，试验区总共投产86口井。

三、油田构造

葡萄花构造是一个隆起幅度高、构造面积大、倾角平缓的穹窿状背斜。构造轴向为NE25°—NW345°，构造长轴46km，短轴23km，构造倾角西翼5°，东翼3°，北端2°，南端小于1°，闭合高差307m，闭合面积570km²。

油田构造被断层复杂化，全油田含油区内由17条断层把油田分割成为相对独立的18个断块，北部7个断块，南部11个断块。断层均为低角度正断层，断层倾角一般40°~50°断层走向多为北西向，在平面上呈带状分布，断层下降盘呈挠曲状，并出现油水过渡带，每个断块油水界面各不相同，这说明该油田的断层在油水运动中起到了封闭作用。

四、油水分布

葡萄花油田的油水分布基本上受构造控制。但断层使油水分布复杂化，局部地区油水分布受岩性影响。油水界面分布的总趋势是：西高东低，南高北低。在平面上，由内向外基本上是纯油区、油水过渡带、纯水区。在纵向上，一般是纯油层、油水同层、水层。个别地区由于岩性圈闭，出现油水互层或油、水层中间无过渡带段。

葡萄花油田油水过渡带面积比较大。全油田油水过渡带面积为195.18km²，占总含油面

积的 69.1%。而且过渡带分布在各个断块之中, 这种油水分布的复杂性, 也给油田开发带来了复杂性。

第二节 储层物性

一、油层特征

葡萄花油田的葡 I 组油层位于白垩系姚家组一段, 油层埋藏深度为 800 ~ 1000m。在葡萄花油田北部划分为 3 个砂岩组, 11 个小层。储油层是一套细粒砂岩与灰绿色粉砂质泥岩组合。油层粒度中值 0.15 ~ 0.21mm, 分选系数 3.5 ~ 6.8, 泥质含量 10.8% ~ 16.4%, 胶结物以泥质为主, 黏土矿物以水云母为主, 其次是高岭石及少量的蒙脱石。储油层为三角洲前缘相沉积。葡 I 10 - 11 砂岩组油层为三角洲外前缘相席状砂, 砂岩薄而稳定, 分布面积较大, 单层厚度 1 ~ 2m, 岩石分选性好, 渗透率 $(110 \sim 130) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。葡 I 6 - 9 砂岩组为三角洲内前缘相沉积, 砂岩主体部位呈条带状, 单层厚度一般大于 2m, 最厚可达 8m 左右, 是葡萄花油田的主要出油层。葡 I 1 - 5 砂岩组为三角洲内前缘相和外前缘相间互沉积, 单层厚度小, 一般只有 1 ~ 2m 左右, 油层物性比较差, 渗透率小于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

葡萄花油田葡 I 组油层岩石颗粒比长垣北部分选好, 磨圆度高, 层内相对均匀, 退出效率高 (77.6%), 再加上油层岩石表面弱亲水, 为油田开发能够取得较好的效果创造条件。

二、储层流体性质

葡萄花油田葡 I 组油层原油物性的特点是: 密度小, 黏度小, 饱和压力小, 含胶量小, 地饱压差大, 溶解系数大。原油物性四小两大的特点使其在油层中相对流动性好, 有利于提高水驱油效率。油田水属碳酸氢钠型, 氯离子含量 2674 ~ 2902mg/L, 总矿化度为 8490 ~ 9789mg/L。

第三节 开发井网合理部署

一、基础井网

葡北油田和葡南油田属葡萄花油田先期投入开发的两个区块, 其中葡北油田设计基础井网为 600m × 600m 反九点法面积井网。先期采用自喷与抽油相结合的开采方式。1985 年该区基本实现了全面转抽。葡南油田设计井网为 350m × 350m 四点法与 300m × 300m 反九点法面积井网相结合。在投产初期利用天然能量进行一年的短期开采, 后期陆续转入抽油开采方式生产。

二、井网一次加密调整

基础井网全面转抽后, 针对井网稀, 水驱控制程度低, 油层动用状况差且多层合采, 层间矛盾比较严重, 油田产量递减较快等不利影响, 1986 年编制完成了一次加密调整方案。

方案确定加密井网的调整对象是以葡 I 1-5 的砂岩组为主, 兼顾葡 I 6-7 和葡 I 10-11 油层, 井网加密调整的重点地区是一、二、三、四断块的纯油区。油田的注采系统由原井网的反九点法调整为不规则的四点法兼局部地区反九点法的注水方式, 油水井数比由原井网的 2.6 减小到调整后的 2.39。油田的水驱控制程度由 60.1% 提高到 77.6%, 提高了 17.5 个百分点。油田的水驱采收率从 32% 提高到 37.76%, 提高了 5.76 个百分点。

三、井网二次加密调整

一次加密调整后, 油田的开发效果得到了明显的改善。但由于葡萄花油层是以水下窄小分流河道砂体为主, 砂体的发育规模小, 分布比较零散, 油层的水驱控制程度仍较低。一次加密后水驱控制程度为 77.6%, 比一次加密调整方案设计的水驱控制程度低 2.4%。油层的动用状况仍需进一步改善。为充分挖掘剩余油潜力, 1995 年在葡北二断块开辟了井网二次加密调整试验区, 共设计了 15 口均匀二次加密调整井。试验结果表明, 葡北地区的剩余油分布特点不宜进行井网均匀二次加密。针对水下窄小河道砂体的特点, 为合理有效地选择加密井点, 研究提出了“四控两结合”的井网非均匀加密调整方法。

第四节 高含水期开发规律

“十五”期间, 以增加可采储量为目标, 以勘探开发一体化为手段, 加大储量评价力度, 优选滚动开发区块, 通过“老区新探”在井网边部进行扩边挖潜; 井网内部以“两控一提高”为核心, 以多学科研究技术为手段, 不断深化水驱综合调整技术, 努力改善油田开发效果。逐步形成了窄薄砂体油田精细地质描述、“老区新探”滚动扩边、高含水后期“控含水、降递减”治理等方法。

一、加强精细地质研究, 深化对构造和储层的再认识, 细化地质储量分布

葡萄花油田进入高含水开发期后, 油田综合含水上升快、产量递减快, 有效厚度 1.0m 以上的油层水淹层数达 90% 以上, 动用差与未动用的油层主要分布在有效厚度小于 1.0m 的薄差油层中, 动用难度大。针对以往以湖相理论为基础的油层对比方法, 无法对储层沉积背景、砂体分布特征、油水分布等做进一步的描述, 不适应油田水驱挖潜的需要。在“十五”期间, 从以下几方面开展了精细刻画储层砂体分布规律研究: 一是全面开展了以“河流—三角洲”沉积理论为指导的精细地质研究, 改变了以“旋回对比, 分级控制”的湖相理论为指导的等厚对比方法, 针对窄薄砂体地质特点, 采用在标准层控制下“旋回对比, 分级控制, 等期不等厚, 不同相带分别对待”的油层对比原则, 进行了细分对比, 纵向上由原来 11 个小层细分为 26 个沉积单元。二是从平面砂体分布特征来看, 油层砂体平面上呈窄小条带状, 从北向南由条带状向席状过渡, 砂体厚度变薄; 从微相平面展布规律来看, 以水下分流河道微相沉积为主。三是利用沉积微相间的关系, 寻找“天然水道”, 判别水驱方向, 确定油水井间的砂体连通关系。四是根据联井剖面对比, 开展微幅度构造研究, 分析剩余油富集区。同时在精细沉积相研究的基础上, 开展了三维地质建模工作, 利用 Petrel 软件在三维空间内从不同角度分析构造、砂体及相关的物性参数分布规律, 提高薄差层砂体分布描述的精度。先后在 6 个特点各异的区块开展了三维地质建模及岩性模拟, 优化了水驱调整措

施，同时为后期数值模拟提供了精确的数值模型。

二、加大油藏评价力度，发展扩边挖潜技术，挖掘油田周边潜力

“十五”期间，面对油田“储采失衡严重、后备储量不足”的严峻形势，在窄薄砂体油田外扩挖潜过程中，围绕“老区新探”，依靠技术进步，提出了“一个细分，三个精细，‘动静’结合，一体化评价”的精细油藏描述研究思路，有效弥补了产量递减，形成了一套适合葡萄花油田的扩边挖潜布井技术。

1. 深化精细油藏描述，认清油藏类型

通过研究发现，葡萄花油田外扩布井区主要为非背斜油藏，类型可分为断层圈闭型、交叉断层遮挡型、断层—岩性型、岩性—构造型及砂岩上倾尖灭型5种类型（见表1-1）。

表1-1 葡萄花油田外扩布井非背斜油藏基本情况汇总表

圈闭类型	成因	规模 km ²	油水控制因素	油水分布特点	出现 频率	识别 难度
断层圈闭	大断层弯折处分布，与较陡的上倾地层相切	≤6	构造控制为主	上油下水，局部油水复杂	少见	较低
交叉断层遮挡	交叉断层，有一定的闭合高度	≤3	构造控制为主	上油下水	常见	较低
断层—岩性	断层将油层错开形成不渗透遮挡，油层在垂向和横向上连通差	单油砂体	构造控制为主	上油下水	少见	高
岩性—构造	构造轴部和翼部砂体孔渗差异大，砂体连通性差	≤3	轴部构造为主，翼部岩性也起一定作用	上油下水 上水下油 油水混层	常见	较高
砂岩上倾尖灭	构造高低部位砂体连通性差或者是上倾尖灭，地层有一定的倾角，大断层与之沟通	≤5	岩性控制为主，构造也起一定作用	油水混层	常见	较高

油藏类型不同，油藏描述的重点也不同。有针对性地采取新技术、新方法、新手段，重点解决布井区块的难点问题，既缩短了布井方案编制周期，又可指导钻井运行，保证扩边井的效果。

断层圈闭型及交叉断层遮挡型油藏，落实构造、断层及油气运移系统至关重要。在断层识别方面，采用“多套数据体联合解释断层技术”。平面断层解释技术包括地震数据体时间切片解释技术、相干体时间切片解释技术、断层倾角分析技术；剖面断层解释技术包括并列多线联合解释技术、任意线联合解释技术及剖面纵向放大解释技术；空间断层解释应用三维可视化解释技术。小圈闭识别方面，在充分运用已成熟的常规配套相关技术进行构造解释基础上，主要采用了“三维体构造精细解释技术”，包括：全三维体构造解释技术、三维可视化解释技术、三维可视化解释与验证技术、三维可视化综合解释技术等；油气运移系统的分析方面，利用了D-tect地震模拟软件可以对断层遮挡油气藏进行分析，效果较好。

对于断层—岩性型油藏，除了要落实断层对单油砂体的切割及封堵程度外，还要追踪单油砂体的分布情况，预测出其在平面及空间上的分布和连通情况。主要采用的技术是“井震”结合岩性模拟技术，实现以测井数据为硬数据，地震反演数据为软数据的随机建模，建立储层岩性预测模型，进行砂体预测。

对于岩性—构造型和砂岩上倾尖灭型油藏，油水分布特征受岩性控制的作用增大，在构造和岩性双重因素的作用下，外扩挖潜的难点除了精确落实油藏构造空间分布形态外，重点还要在薄互层砂体预测及油水模式识别等方面进行深入研究。在薄差储层预测方面采用了基于信息融合的储层反演和岩性解释技术，该技术具有建立可保留复杂构造和地层沉积学特征的初始地质模型，使反演结果符合研究区的构造、沉积和异常体特征，把地质、测井、地震等多元信息统一到同一模型上，实现各类信息在模型空间的有机融合，提高了反演的信息使用量、信息匹配精度和反演结果的置信度，获取最佳层位标定和最佳子波，实现高分辨率波阻抗反演及形成综合地质、测井及试油试采等信息的专家系统，对反演剖面进行岩性解释，提高储层预测精度等特点。

在油水识别方面采用空间地质约束相干识别技术检测储层含油性，是以沿层地震属性提取为基础，运用多元统计分析和人工神经网络手段，分析地震属性与井孔地质目标之间的关系，找出地震属性能区别这些地质目标的分类模型，预测含油储层及有利储层在剖面上和空间上的展布。

外扩布井区难点及技术对策如表 1-2 所示。

表 1-2 外扩布井区难点及技术对策

圈闭类型	难 点	技术对策
断层圈闭	构造解释精度及含油边界的确定	井震结合全三维构造解释及井孔资料录取
交叉断层遮挡	构造解释精度及含油边界的确定	井震结合全三维构造解释及井孔资料录取
断层—岩性	构造解释精度及单油砂体追踪	井震结合全三维构造解释及单一河道追踪
岩性—构造	构造解释精度、薄差储层识别及油水识别	井震结合全三维构造解释、薄差储层预测及油水模式识别
砂岩上倾尖灭	构造解释精度、薄差储层识别及油水识别	井震结合全三维构造解释、薄差储层预测及油水模式识别

2. 动静结合油藏研究，一体化综合评价布井潜力

圈闭地质评价主要采用风险分析法，把影响圈闭油气聚集的圈闭条件、油源条件、储层条件、保存条件以及各个条件的时空配套史 5 项石油地质条件看成相互独立发生作用的要素，对 5 项地质要素分别进行分析并给出相应的概率值，五项条件概率的乘积，称为地质把握系数，即：

$$P = \prod_{i=1}^5 P_i$$

式中 P ——地质把握系数；

P_i ——各单项地质条件的概率。

对外扩布井区上述五项地质要素按评价标准分别赋值计算,地质把握系数大于0.5的为 一类有利外扩圈闭,0.4~0.5之间的为二类有利圈闭,0.3~0.4之间的为三类有利外扩圈闭,把握系数小于0.3的为高风险外扩圈闭。

“九五”期间以来共部署了16批扩边井,其中地质把握系数大于0.5的有11批,多分布在背斜区开发井网边部、断层圈闭及交叉断层遮挡型油藏中。把握系数在0.4~0.5之间的有2批,把握系数在0.3~0.4之间的有3批,多为断层—岩性、岩性—构造和砂岩上倾尖灭油藏。这16批扩边井中投入开发的有13批,其中产量和含水均达到方案设计要求的有10批,比例为76.9%;基本达到方案设计要求的有1批,比例为7.7%;均未达标的有2批,比例为15.4%。评价为二类和三类有利外扩圈闭的扩边井中目前有3批投产,产量和含水均达标,表明在构造、储层和油水分布比较复杂的断层—岩性、岩性—构造和砂岩上倾尖灭油藏中,通过细分油藏类型和圈闭综合评价,完全可以优选出有利的圈闭进行有效开发。

三、加强水驱开发调整,开展高含水后期“控含水、降递减”治理,改善油田开发效果

1. 应用多学科油藏研究技术,指导开发调整方案编制

“十五”期间,针对窄薄砂体多学科油藏研究中暴露的地质模型认识具有不确定性的问题,完成了多学科油藏研究辅助软件开发工作,实现了建模、数模和结果统计分析软件之间的数据接口,实现了图形方式下的数据编辑、海量数据处理、静态模型属性修改、目标区域沉积相网格数据重新采集、特定时间点属性数据统计及数模结果在Petrel软件中重构模型等功能,形成了从建模、数模到结果定量统计分析一体化的工作模式。通过开展典型区块的多学科技术研究应用,搞清了不同区块剩余油的分布规律及控制因素,提出了挖潜方向,先后在太南油田一断块等6个“两控”典型治理区块开展了多学科油藏研究工作,优化各类治理方案2452井次,方案符合率82.5%。

2. 精细注水、产液结构调整,水驱开发取得好效果

在注水结构优化调整方面,一是针对欠注及高压注水井井数多、治理难度大的问题,从油藏条件、油层污染等方面解剖成因,分析潜力,优选复合活性酸、粉末硝酸、复合降压机、缓速酸等酸化解堵工艺,同时针对不适合酸化的注水井采取水力喷砂射孔,共实施注水井酸化346口、水力喷砂射孔45口,试验纳米聚硅增注2口,累积增注 $102 \times 10^4 \text{ m}^3$;二是针对厚油层存在低效无效循环问题,研究了LTPC-1型低温耐酸浅调剖及碱土复合段塞深度调剖技术,优化工艺参数,丰富调剖手段,积极采取酸调结合、堵调结合等措施,现场实施82口井,见效油井92口,累积增油 $1.71 \times 10^4 \text{ t}$;三是加强油水井动态分析,针对区块间、井间、层间动用状况差异,努力寻找结构调整潜力,发展完善免投捞释放分层配水、偏心集成细分注水等工艺技术,不断深化两类井、两类油层的注水结构调整。共进行注水井方案调整1320井次,见效油井1110口,累积增油 $17.98 \times 10^4 \text{ t}$ 。

在产液结构优化调整方面,一是在压裂对象选择上,由二次加密油井转向新投产井及注采关系新完善井,由厚油层转向薄差层;丰富了措施方式,根据不同井层条件,推广应用多裂缝、薄隔层、短宽缝压裂等系列技术,发展完善了适合葡萄花油层特点的重复压裂技术、裂缝性油层高效压裂、垂直缝转向压裂等治理技术;实施方式向集成化发展,完善了压堵结合、修压结合、酸压结合、调压结合等工艺手段,取得了较好的综合治理效果。共实施老油井压裂334口井,累积增油 $14.20 \times 10^4 \text{ t}$ 。二是针对层间矛盾突出、水淹水窜严重的问题,形成了以防顶防窜平衡丢手堵水管柱及可调层堵水管柱为主、以化学堵水为辅的堵水技术系

列，同时针对部分高含水井因套变、出砂严重、管外窜等原因不能进行机械堵水、堵水效果差等问题，开展了超细水泥封堵后重射技术试验，共实施堵水 205 井次，累积增油 $4.30 \times 10^4 \text{t}$ ，累积降水 $43.60 \times 10^4 \text{m}^3$ 。三是针对加密井中高含水层存在未射潜力问题，根据油井含水情况，及时补开挖潜，共实施油井补孔 54 口 175 个层，累积增油 $1.38 \times 10^4 \text{t}$ 。四是根据油井沉没度、流压变化，及时放大生产压差，实施换泵 257 口，累积增油 $5.73 \times 10^4 \text{t}$ ，调大参数 1460 口，累积增油 $11.24 \times 10^4 \text{t}$ 。

第二章 提高水井注水能力

第一节 水质对注水质量的影响

葡萄花油田储层孔喉细小,孔径多在 $1\sim 2\mu\text{m}$ 以下,极易受到堵塞伤害。若注入水中固相含量超标,则注入水中固相颗粒就会对地层孔道形成堵塞,污染地层;含氧量超标,会对地面管线造成严重的腐蚀;与地层配伍性差,在地层内生成沉淀。低渗透油田注水标准是:悬浮物含量小于等于 1mL/L ;固体粒径直径小于等于 $2\mu\text{m}$;腐生菌小于 0.5mL/L ;硫酸盐还原菌小于 10^2 个/ L ;总含铁量小于 0.5mg/L ;溶解氧含量小于等于 0.05mg/L ;平均腐蚀率小于等于 0.076mm/a ;游离二氧化碳含量小于等于 10mg/L ;硫化物含量小于等于 10mg/L ;含油量小于等于 5mg/L 。

葡萄花油田在做了大量研究工作基础上,应用多种水质处理技术,实现了油田注够水,注好水的目标。

第二节 井口精细过滤技术

随着油田注采结构进一步调整,对注水井注入水质提出更高要求。葡萄花油田地层发育较差,在长期注水开发过程中,由于管线腐蚀、老化、结垢等原因,进入地层的注入水水质变差,因此对部分井井口安装了过滤器,有效地净化注入水水质。

一、水质情况调查

为了优选出适合葡萄花油田应用的过滤器产品,首先对葡一联、二联、三联注入水水质进行取样化验,具体结果见表2-1。从表中可以看出,悬浮物固体含量不论是注水站、配水间还是井口,数值均超标,平均值为 9.3mg/L ,最大值为 16mg/L ,超出标准2倍;悬浮物颗粒直径中值平均值为 $3.1\mu\text{m}$,比标准值(小于等于 $3\mu\text{m}$)相差仅为 $0.1\mu\text{m}$,但井口水样的直径中值超标很多,不计葡180-90在2005年4月26日取的样因太脏未化验,其他5个井口样悬浮物颗粒直径中值平均为 $5.1\mu\text{m}$,最大值为 $12.32\mu\text{m}$,超出标准值3倍多;含油量除了葡180-90井2005年4月28日井口样异常外,其他均达标,平均值 3.9mg/L ,远低于标准(小于等于 15mg/L)的水平。

此外从注水站、配水间、井口三处不同的地点对比,井口水质最差,悬浮物固体含量,悬浮物颗粒直径中值,含油量三项值分别为 11.3mg/L , $5.1\mu\text{m}$, 4.5mg/L ;而注水站为 8.0mg/L , $2.1\mu\text{m}$, 3.1mg/L ;计量间为 8.9mg/L , $2.8\mu\text{m}$, 4.4mg/L 。从化验结果可以看出,来水从注水站到配水间再到井口,水质逐渐变差。到井口时,已有两项指标超出标准值,悬浮物固体含量超出标准值1.26倍,悬浮物颗粒直径中值超出标准值0.7倍。

表 2-1 水质调查表

序号	取样时间	取样点		悬浮物固体 含量, mg/L	悬浮物颗粒 直径中值, μm	含油量 mg/L	化验单位
1	2005. 04. 14	葡一联	注水站	7	1. 29	1. 29	地质大队化验室
2			5"2 配水间	6	1. 42	1. 42	
3			8"1 配水间	16. 0	1. 57	1. 57	
4	2005. 04. 21	葡二联	注水站	7. 0	0. 48	0. 48	
5			9"1 配水间	8. 0	1. 96	1. 96	
6			葡 80-64 井	14. 0	5. 56	5. 56	
7	2005. 04. 26	葡二联	注水站	4. 0	1. 0	2. 16	地质大队化验室
8			葡 80-64 井	11. 0	1. 18	2. 28	
9	2005. 04. 28	葡二联	注水站	7. 0	2. 338	6. 7	质量检验中心
10			9"2 配水间	6. 5	5. 78	11. 3	
11			葡 80-64 井	9. 6	5. 645	6. 7	
12	2005. 04. 19	葡三联	注水站	15. 0	1. 64	1. 64	地质大队化验室
13			304 配水间	13. 0	1. 83	1. 83	
14			葡 186-82 井	9. 0	0. 94	0. 94	
15	2005. 04. 26	葡三联	注水站	8. 0	3. 28	1. 14	
16			304 配水间	6. 0	0. 85	2. 46	
17			葡 180-90 井	12. 0	太脏未化验	6. 81	
18	2005. 04. 28	葡三联	注水站	8. 3	4. 679	8. 42	质量检验中心
19			304 配水间	6. 6	5. 917	10. 1	
20			葡 180-90 井	12	12. 32	94. 2	

二、过滤器产品型号的选择

对在用过滤器产品进行调研评价基础上, 确定了不锈钢滤网、聚四氟乙烯滤芯、双层不锈钢式滤芯、绕焊不锈钢网筒及填充式滤芯 5 种过滤器型号, 具体特点见表 2-2。

表 2-2 过滤器各性能统计表

产品型号	特 点	最高精度, mm	适用范围
不锈钢滤网	强度高、易清洗	0. 05	注清水井、污水回注井
聚四氟乙烯滤芯	造价高、强度低、不易清洗	0. 002	注水站低压过滤
双层不锈钢式滤芯	强度高、易清洗、可重复使用	0. 002	注清水井、污水回注井
绕焊不锈钢网筒	强度高、易清洗、可重复使用	0. 06	注清水井、污水回注井
填充式滤芯	强度高、不易清洗、不可反复利用	0. 002	注清水井、污水回注井

三、现场试验

综合水质化验结果, 现场试验得出以下结论:

(1) 0. 2 μm 精度的滤芯过滤处理后的水质基本上能满足悬浮物颗粒直径中值、悬浮物固体含量和含油量指标;

(2) 在注水压力最高达 12.4MPa, 时间 3 个月试验条件下, 其滤芯不破不漏, 强度可以满足现场要求;

(3) 过滤空间可以满足三个月的过滤要求。

第三节 注水井酸化技术

一、常用酸配方体系

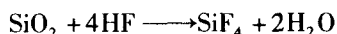
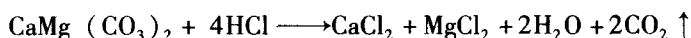
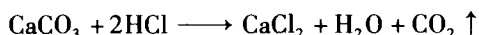
1. 复合酸体系

1) 反应机理

注水井复合酸化解堵增注技术的主要作用是通过酸液中的无机酸对地层污染堵塞物中的无机垢酸化处理和通过酸液中的有机洗油剂对地层中的有机胶质、蜡等有机垢进行酸化处理, 实现解堵增注, 有效提高地层渗流能力, 改善注水状况。配方中除酸化技术常用的缓蚀剂、黏土稳定剂、铁离子络合剂之外, 增添了高效表面洗油剂和深部酸化缓速降阻剂, 有利于低渗透油层深部酸化和酸化后残液返排。

(1) 活性酸酸化机理。

活性酸酸化技术的药剂组成主要是由盐酸、氢氟酸、络合剂、高效活性剂、缓蚀剂等药剂组成, 酸液与无机污染物的反应如下:



地层中的污染物经酸化后, 其中碳酸盐和硅酸盐类大都生成可溶性盐类或可挥发性气体, 少量不溶于水的物质在返排时经活性剂作用可携带出井。

(2) CY 型油层解堵清洗剂机理。

CY 型油层解堵清洗剂是一种 O/W 型乳液, 其主要成分有表面活性剂、溶剂、电解质等, 由于各组分之间的协同效应, 该清洗剂通过洗油作用、破乳作用、增溶作用, 不但将地层中蜡、沥青质、胶质等有机质破乳、溶解, 还能对有机沉积物起到润湿、渗透、分散和剥离作用。

(3) FHJ-6 型深部解堵添加剂。

FHJ-6 型深部解堵添加剂是由高分子化合物和各种环氧树脂、环氧丙烯类表面活性剂在一定条件下反应生产的化合物, 该化合物可与酸液复配, 具有缓速和降阻作用。

2) 技术特点及适应性

该技术是针对注水井酸化治理难度加大, 欠注疑难井增多所开展的一项欠注水井酸化治理试验, 该技术采用在葡萄花油田应用效果较好的活性酸酸化技术配方, 复配以两种油田解堵添加剂, 一种是 CY 型油层解堵清洗剂, 另一种是 FHJ-6 型地层深部解堵添加剂, 通过两种复合添加剂的协同作用, 使酸化液与地层充分接触反应, 并有效将反应后的残渣污物返排出井筒, 达到彻底酸化改造油层的目的。适合解除蜡质、胶质、沥青质、污油等有机污染和铁锈、细菌、泥砂等杂质形成的混合污染堵塞。

3) 技术应用情况