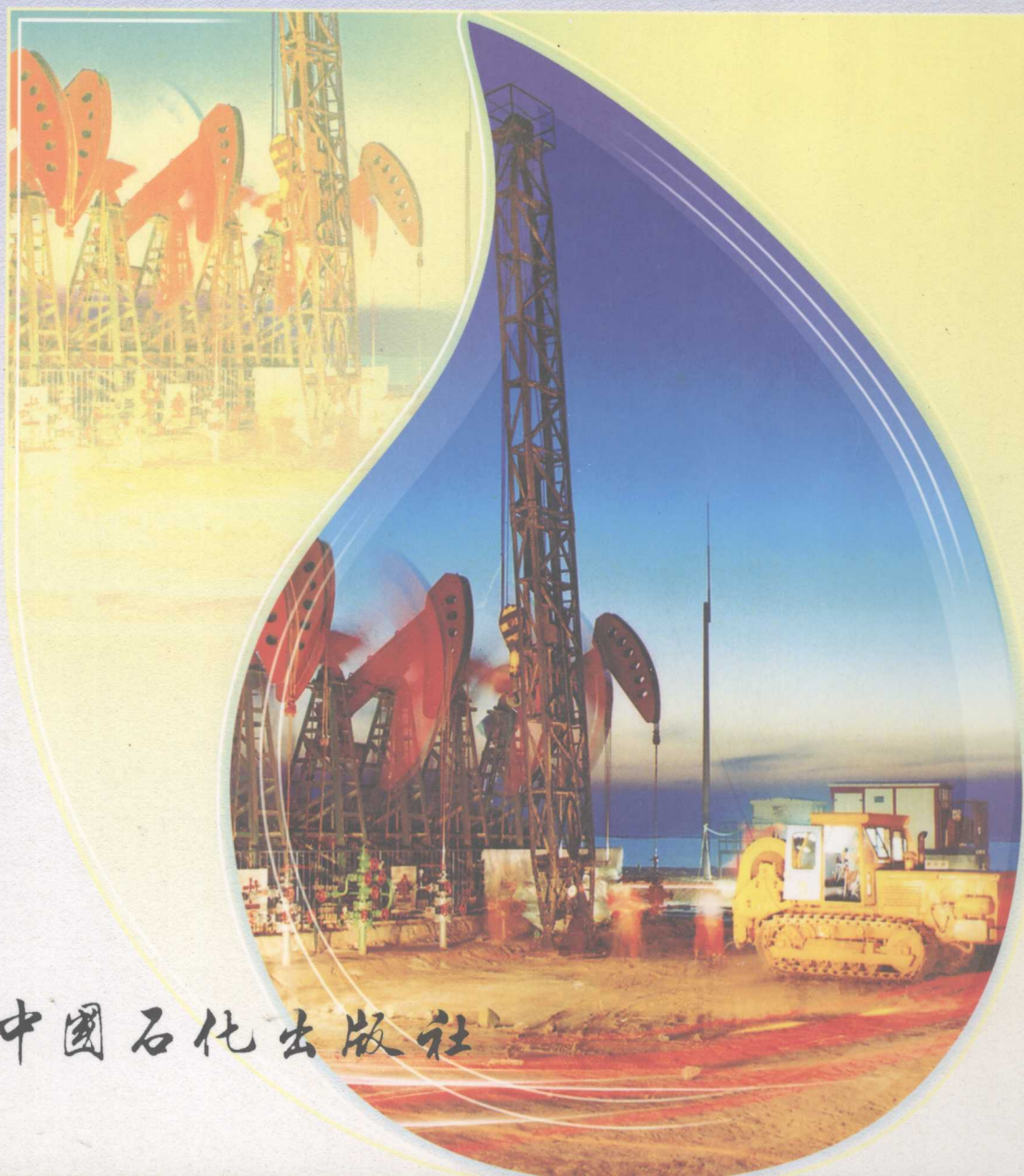


《胜坨油田勘探开发 40 年》技术丛书

# 胜坨油田 采油工艺技术



中國石化出版社

《胜坨油田勘探开发 40 年》技术丛书

# 胜坨油田采油工艺技术

连经社 张武威 高国强 崔洁 著

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书全面系统地介绍了胜坨油田 40 年开发所取得的主要技术成果和应用效果,包括完井工艺技术、油层保护技术、机械采油工艺技术、注水工艺技术、防砂工艺技术、堵水调剖工艺技术、三次采油工艺技术、油水井增产增注工艺技术和套损井治理技术等九个方面,重点总结了在注水、采油、防砂、堵水调剖、增产增注技术等方面取得的成果。

本书可供石油开采行业的科研人员、一线工作者及相关院校的师生参考和借鉴。

## 图书在版编目(CIP)数据

胜坨油田采油工艺技术/连经社等著.  
—北京:中国石化出版社,2004  
(胜坨油田勘探开发 40 年丛书)  
ISBN 7-80164-496-4

I.胜… II.连… III.石油开采—科技成果  
IV.TE35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 004656 号

### 中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

\*

787×1092 毫米 16 开本 19.75 印张 496 千字

2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷

定价:83.00 元

賀勝利油田勝利采油厂建廠四十年

肩承能源使命  
再創石油輝煌

二〇〇三年十月二十八日

陸采一老兵 年書合



# 序

胜坨油田是我国渤海湾盆地最早发现并投入开发的整装大油田。胜坨油田含油层系多，含油井段长，具有多套油水系统和多种油藏类型，是一个被断层复杂化的、油源、物源均丰富的含油气区。胜坨油田自20世纪60年代初投入开发，至今已经历了40年的勘探开发历程，取得了令人瞩目的开发效果和巨大的经济效益，为我国国民经济建设和综合国力的提高做出了重要贡献。40年来，胜利采油厂广大科技工作者和石油职工，在生产实践中不断探索，艰苦创业，开拓创新，取得了辉煌的业绩，极大地丰富和发展了我国陆相石油地质理论，形成了一套具有中国陆相河流-三角洲沉积特色的油气田勘探开发理论和方法，为同类型油田的开发提供了宝贵的经验。

《胜坨油田勘探开发40年》技术丛书，共分《胜坨地区勘探研究与实践》、《胜坨油田精细地质研究》、《胜坨油田开发技术》和《胜坨油田采油工艺技术》四册，系统地阐述了胜坨油田的油气勘探、精细油藏表征、油田开发模式、开采特征和规律，以及配套的采油工艺技术，展示了胜坨油田勘探开发科学技术的成果和进步。该丛书是胜坨油田40年勘探开发历史的真实回顾和经验总结，是几代胜采石油人和油气田勘探开发工作者辛勤耕耘和智慧的结晶。在我国东部油区资源接替矛盾十分突出、新区产能建设难度加大、老油田调整挖潜效果越来越差的情况下，相信该套丛书的出版，必将给人们以启迪，对指导今后油田勘探开发工作起到积极的推动作用。

胜坨油田目前已处于特高含水期开发阶段，开发的难度越来越大，油田稳定发展面临着严峻的挑战。我相信，胜利采油厂广大科技工作者和石油职工只要正视困难，积极吸收和借鉴以往的经验教训，经过坚持不懈的努力，一定能取得老油田开发的新成果、创出新水平，铸造胜坨油田新的辉煌！

王志刚

2003年11月

# 前 言

2004年是胜坨油田投入开发40年，胜利采油厂建厂40年。为了庆祝采油厂40年来所取得的巨大成绩，采油厂决定对胜坨油田40年的开发经验进行全面总结。

胜坨油田属于典型的多层砂岩油藏，油藏类型多，地下情况复杂，这就决定了胜坨油田开发技术的多样性和复杂性。从1964年正式投入开发后，首先经过了短暂的自喷采油期，由于地层能量不足，1966年投入注水开发。在40年开发历程中，油藏经历了六个主要开发阶段：依靠天然能量试采阶段(1965年6月~1966年6月)，初期开发阶段(1966年7月~1970年5月)，扩建产能阶段(1970年6月~1974年12月)，高速开发阶段(1975年1月~1979年12月)，稳产开发阶段(1980年1月~1993年12月)，综合治理控制递减阶段(1994年1月至目前)。由于胜坨油田油藏形态上的多样性，使得该油田对开采工艺的需求也多种多样，胜利采油厂的科研人员和一线技术工人经过不断艰苦攻关，针对胜坨油田的实际情况开发出了一系列独有的新工艺和新技术，从简单的自喷开采，到分层开采技术，从油水井堵水调剖到目前的三次采油技术。可以说，许多新工艺、新技术都以胜坨油田作为试验基地，是从胜坨油田的试验应用中逐步推广发展起来的。胜坨油田的开发在我国石油开发史上不仅产生了大量的石油开发技术，还为整个胜利油田的开发培养了大量的技术人才，对整个胜利油田的发展作出了巨大的贡献。因此，借厂庆之机，对胜坨油田40年开发开采工艺技术进行全面的总结是一件非常有现实意义的工作，它对进一步提高对胜坨油田的认识，搞好开发后期的挖潜调整工作具有重要的作用，同时，对于其它类似油田的开发开采也具有非常现实的指导意义。



《胜坨油田采油工艺技术》是由胜利采油厂主编的厂庆系列丛书之一，全书共分十章，对胜坨油田40年来的采油工艺技术进行了全面总结。第一章简单地对整个胜坨油田的采油工艺技术的发展进行了综述，由崔洁、袁聿力、邓玉华执笔；第二章介绍了完井工艺技术，由崔洁、孙瑞霞执笔；第三章介绍油层保护技术，由袁聿力、王健、顾红英执笔；第四章总结胜坨油田机械采油工艺技术，由苏庆欣、姚诚、郭立谦、张志华执笔；第五章总结注水工艺技术，由马士文、阴川生、徐开模、张守献执笔；第六章介绍防砂工艺技术，由程斌、李健康、于金佩、张志华执笔；第七章总结堵水调剖工艺技术，由柴德民执笔；第八章介绍三次采油工艺技术，由辛爱渊执笔；第九章介绍油水井增产增注工艺技术，由王健、刘全国、洪星执笔；第十章介绍近年来胜坨油田在套损井治理技术方面的发展，由邓玉华、高学生执笔。全书内容较丰富，基本上反映了胜利采油厂40年的开采经验。

油田的开发技术是一门理论性和实践性都很强的开放性体系，因此在该书的编写上也是理论与实践并举，并突显各项技术在实际中所表现出来的特色。因此，对石油开采行业的科研人员和一线工作者，该书是一本非常有实用价值的参考资料。由于胜坨油田开采历史长，中间经历多次机构调整，有些资料已很难收集齐全；再加上编写人员较多，时间较紧，因此，书中难免存在错误和疏漏，恳请读者批评、指正。





<b>第一章 胜坨油田采油工艺技术综述</b> .....	( 1 )
一、沙一、沙二段主力油藏开发工艺配套技术.....	( 1 )
二、东营组油藏开发工艺配套技术.....	( 5 )
三、低渗油藏开发工艺配套技术.....	( 6 )
<b>第二章 完井工艺技术</b> .....	( 8 )
<b>第一节 完井方式</b> .....	( 8 )
一、完井方式选择依据.....	( 8 )
二、完井方式选择.....	( 9 )
<b>第二节 生产套管设计</b> .....	( 11 )
一、生产套管设计依据.....	( 11 )
二、套管尺寸的研究.....	( 11 )
三、生产套管材料选择.....	( 13 )
四、设计方法.....	( 14 )
<b>第三节 射孔工艺技术</b> .....	( 15 )
一、射孔工艺.....	( 16 )
二、射孔参数优化技术.....	( 17 )
<b>第三章 油层保护技术</b> .....	( 23 )
<b>第一节 油层伤害分析</b> .....	( 23 )
一、油层伤害机理.....	( 23 )
二、油层伤害的岩心分析.....	( 24 )
三、胜坨油田储层敏感性评价.....	( 26 )
<b>第二节 胜坨油田油层保护技术</b> .....	( 27 )
一、钻井过程中油层保护技术.....	( 27 )
二、完井过程中的油层保护技术.....	( 31 )
三、注水过程中的油层保护技术.....	( 34 )
四、作业过程中的油层保护技术.....	( 37 )
五、生产中油层保护技术.....	( 39 )
<b>第四章 机械采油工艺技术</b> .....	( 41 )
<b>第一节 有杆泵抽油工艺技术</b> .....	( 41 )
一、特高含水期有杆泵应用存在的主要问题分析.....	( 41 )
二、抽油机.....	( 42 )
三、抽油杆.....	( 49 )
四、抽油泵.....	( 54 )
五、井下工具.....	( 67 )



六、抽油井工况诊断·····	( 76 )
第二节 电动潜油泵采油工艺技术·····	( 79 )
一、概述·····	( 79 )
二、电动潜油泵主要设备及原理·····	( 79 )
三、电动潜油泵系统的优选·····	( 84 )
四、电动潜油离心泵在胜坨油田的使用和发展·····	( 86 )
第三节 其它机械采油工艺·····	( 87 )
一、水力喷射泵采油技术·····	( 87 )
二、螺杆泵采油技术·····	( 88 )
三、无管泵采油技术·····	( 90 )
四、接力泵采油技术·····	( 90 )
第四节 电热采油工艺·····	( 91 )
一、SW 自控温热电缆技术·····	( 91 )
二、单芯热电缆技术·····	( 92 )
三、井下加热器技术·····	( 94 )
第五节 机采工艺优化设计技术·····	( 95 )
一、采油方式综合评价与决策·····	( 95 )
二、单井优化设计·····	( 96 )
三、管柱优化·····	( 97 )
四、杆柱优化·····	( 99 )
<b>第五章 注水工艺技术·····</b>	<b>( 102 )</b>
第一节 水质处理技术·····	( 102 )
一、油田开发注水水质的基本要求·····	( 102 )
二、水质处理技术·····	( 104 )
第二节 注水工艺流程·····	( 115 )
一、低压管网·····	( 115 )
二、注水泵站·····	( 116 )
三、高压注水管网·····	( 120 )
四、注水流量计量仪表·····	( 123 )
第三节 分层注水工艺技术·····	( 124 )
一、分层注水工艺发展·····	( 124 )
二、分层配水技术·····	( 125 )
三、分层注水工具及管柱·····	( 126 )
四、特高含水开发期胜坨油田分层注水管柱配套技术·····	( 134 )

五、胜坨油田注水井分层测试技术·····	(136)
<b>第六章 防砂工艺技术·····</b>	<b>(139)</b>
第一节 胜坨油田出砂现状与特点·····	(139)
一、主力油藏沙一、沙二段油井出砂现状及特点·····	(139)
二、东营组油藏出砂现状及特点·····	(140)
第二节 沙二段油藏出砂预测技术·····	(140)
一、沙二段特高含水期出砂机理·····	(141)
二、出砂预测技术·····	(141)
第三节 油层预处理技术·····	(145)
一、炮眼冲洗技术·····	(145)
二、负压返排·····	(146)
三、均匀处理技术·····	(147)
四、二次补孔·····	(148)
第四节 机械防砂技术·····	(149)
一、充填砾石及筛管的选择·····	(149)
二、绕丝筛管-砾石充填·····	(150)
三、封隔高压一次充填防砂技术·····	(153)
四、环氧树脂滤砂管防砂工艺·····	(156)
五、机械防砂配套模式的研究应用·····	(157)
第五节 化学防砂技术·····	(158)
一、酚醛树脂溶液双液法·····	(158)
二、乳化脲醛树脂·····	(159)
三、覆膜砂防砂·····	(161)
四、低伤害树脂·····	(163)
第六节 地层稳砂工艺·····	(165)
一、DGW-1 固砂稳定技术·····	(165)
二、DYS-1 抑砂剂·····	(166)
三、交联抑砂剂·····	(168)
第七节 泵下挡砂·····	(170)
一、结构及工作原理·····	(170)
二、过滤装置的孔径确定·····	(170)
三、过滤装置的总体尺寸确定·····	(171)
四、智能控制机构的设计·····	(172)
五、泵下挡砂装置下井试验情况·····	(172)

<b>第七章 堵水调剖工艺技术</b> .....	(173)
<b>第一节 炮眼封堵工艺</b> .....	(173)
一、水泥类堵剂炮眼封堵工艺.....	(173)
二、不钻塞炮眼封堵工艺.....	(178)
<b>第二节 化学法油井堵水工艺</b> .....	(179)
一、木质素磺酸钙复合堵剂.....	(180)
二、网堵剂.....	(180)
三、冻胶类堵水剂.....	(180)
四、水玻璃-氯化钙堵剂.....	(180)
五、阳离子交联堵水剂.....	(181)
六、乳化原油选择性堵剂.....	(182)
七、机械选层堵水工艺.....	(183)
<b>第三节 水井调剖工艺技术</b> .....	(184)
一、胜坨油田应用的主要调剖剂及其调剖机理.....	(184)
二、工艺优化.....	(199)
三、注入设备.....	(204)
四、调剖堵水配套决策技术.....	(205)
五、总体调剖效果.....	(212)
六、胜坨油田水井调剖下步发展方向.....	(217)
<b>第八章 聚合物驱油技术</b> .....	(219)
<b>第一节 聚合物驱油机理研究</b> .....	(219)
一、聚合物的流度控制作用.....	(219)
二、聚合物的调剖作用.....	(220)
<b>第二节 聚合物性能评价</b> .....	(222)
一、聚合物溶液的性质.....	(222)
二、胜坨油田应用聚合物性能评价.....	(226)
<b>第三节 聚合物驱油地面工艺</b> .....	(229)
一、胜坨油田聚合物驱地面工艺流程.....	(229)
二、聚合物驱油注入设备.....	(231)
<b>第四节 聚合物驱油注入工艺</b> .....	(233)
一、笼统注入工艺.....	(233)
二、分层注入工艺.....	(234)
三、倒替注入工艺.....	(237)

第五节 聚合物驱油技术现场应用及效果·····	(238)
一、聚合物驱油技术现场应用情况·····	(238)
二、聚合物驱效果分析·····	(238)
第九章 增产增注工艺技术·····	(240)
第一节 化学解堵工艺·····	(240)
一、酸化工艺·····	(240)
二、表面活性剂解堵工艺·····	(260)
三、排酸工艺·····	(262)
第二节 物理解堵工艺·····	(263)
一、高压水旋转射流解堵技术·····	(263)
二、低频水力解堵技术·····	(269)
第三节 压裂工艺·····	(272)
一、压裂工艺原理·····	(272)
二、胜坨油田低渗油藏的主要地质特征·····	(274)
三、压裂工艺在胜坨油田的应用和发展·····	(274)
第十章 套损井治理技术·····	(279)
第一节 胜坨油田套损井现状分析·····	(279)
一、套损井调查·····	(279)
二、胜坨油田套管损坏井分布规律·····	(280)
第二节 套管损害机理研究·····	(281)
一、套管物理损坏机理研究·····	(281)
二、套管化学损坏机理研究·····	(282)
三、套管的人为破坏因素·····	(283)
第三节 套损井修复技术·····	(284)
一、套漏井修复工艺·····	(284)
二、套管整形工艺技术·····	(292)
三、取、换套工艺技术·····	(293)
四、侧钻工艺技术·····	(295)
五、小套管技术·····	(298)
参考文献·····	(300)

# 第一章 胜坨油田采油工艺技术综述

胜坨油田位于山东省东营市境内，是胜利油田投入开发的第一个油田，其构造位置在济阳坳陷北部，坨庄-胜利村-永安镇二级构造带的中段、东邻民丰洼陷，西及西南邻利津洼陷，南接东营中央隆起断裂带，北面为胜北弧形大断层遮挡。胜坨油田由东西两个高点组成，是被断层复杂化的背斜构造油气藏。含油面积  $81\text{km}^2$ ，地质储量  $48407 \times 10^4\text{t}$ ，可采储量  $17748 \times 10^4\text{t}$ ，采出程度 32.3%。胜坨油田从油藏性质和特点上主要分为三大类。

一是沙一、沙二段油藏，是胜坨油田主力油层，产液量占胜坨油田总产液量的 87%，产油量占总产量的 70% 以上。该油藏储集层为一套砂、泥岩间互的湖泊、河流-三角洲相沉积。埋深 1675~2500m，渗透率为  $1 \sim 10\mu\text{m}^2$ ，地面原油密度  $0.86 \sim 0.97\text{g}/\text{cm}^3$ ，原油粘度为  $10 \sim 6000\text{MPa}\cdot\text{s}$ 。其特点是油藏层系多、含油井段长、层间差异大、非均质性严重，原油物性较好，目前已进入特高含水开发时期。

二是东营组出砂油藏，东营组纵向上分为东一、东二、东三 3 个独立的油藏，属河流相沉积，埋深 1325~1600m，平均渗透率为  $6.3\mu\text{m}^2$ ，泥质含量 5%~12%，地面原油密度  $0.94 \sim 0.98\text{g}/\text{cm}^3$ ，粘度  $150 \sim 3000\text{MPa}\cdot\text{s}$ 。其特点是储层胶结松散，极易出砂，原油性质在同一油层平面上有顶轻翼重，顶稀边稠的分布规律。

三是低渗透小断块油藏，胜坨油田共有低渗小断块 10 个，平均含油面积  $1.07\text{m}^2$ ，平均地质储量  $169.6 \times 10^4\text{t}$ ，油藏埋深 2380~3800m，渗透率为  $11.7 \times 10^{-3} \sim 291 \times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。有正常压力系统，也有压力系数高达 1.89 的高压异常油藏。其特点是渗透率低、天然能量不足、油藏埋藏深度大。

胜坨油田自 1964 年试采，1965 年投入正式开发，1966 年开始注水开发，到 1976 年末建成年产油能力  $643 \times 10^4\text{t}$  的生产规模。至今经历了六个开发阶段：依靠天然能量试采阶段(1965 年 6 月~1966 年 6 月)，初期开发阶段(1966 年 7 月~1970 年 5 月)，扩建产能阶段(1970 年 6 月~1974 年 12 月)，高速开发阶段(1975 年 1 月~1979 年 12 月)，产量下降阶段(1980 年 1 月~1982 年 12 月)，稳产开发阶段(1983 年 1 月~1993 年 12 月)，产量递减阶段(1994 年 1 月至目前)。1993 年 12 月油田综合含水达到 92.0%，油层普遍进入特高含水阶段。

不同开发阶段不同类型油藏表现出不同的开发矛盾。针对这些不同的问题，胜利采油厂技术人员经过大量的科技攻关，大胆创新，形成了胜坨油田较为完整、配套的工艺技术系列。

## 一、沙一、沙二段主力油藏开发工艺配套技术

胜坨油田沙一、沙二段油藏是胜坨油田主力油层，针对其油藏层系多、层间差异大、非均质性严重的特点，为适应特高含水期地层能量下降、产出液介质环境恶化，油层出砂加剧、井况变差等开发矛盾，形成了适合该油藏特点的举升技术、分层注水工艺和攻欠增注技术，发展应用了堵水调剖工艺、封堵炮眼工艺技术、油水井防砂治沙工艺、套损井治理技术

和聚合物驱油工艺。

### 1. 机械采油工艺

胜坨油田在开发初期,油藏主要以天然能量开采,油井生产以自喷采油为主;随着天然能量的下降,进入扩建产能阶段以后,油井生产逐渐以机械采油为主。由于胜坨油田油层较多、含油井段长、非均质性较严重的特点,油井采用分层开采工艺,在工艺上以单管活动式配产器分层采油为主,多管采油为辅的分层采油工艺。高速开发阶段以后,地层能量较高,供液能力好,机采工艺上主要以常规管式抽油泵、不同排量电泵为主,同时配套应用了螺杆泵、喷射泵等特种举升工艺。进入高含水阶段,特别是特高含水开发阶段后,举升系统所处的环境日益恶化,胜利采油厂进一步对上述举升工艺进行系统改进、配套完善,大大提高了胜坨油田举升工艺的可靠性,基本满足了油田开发的要求。

在有杆泵举升工艺上,一是系统改进了有杆抽油泵。针对地层能量下降,产出液介质环境恶化,油层出砂加剧、井况变差等多种因素的影响,导致胜坨油田有杆泵免修期缩短的问题,从结构、材质、热处理工艺三个方面对常规泵进行系统改进,形成了胜坨油田独有的 $\phi 56G1$ 、 $\phi 56G2$ 、长柱塞三种型号的替代泵,全面提高了抽油泵抗腐耐磨的能力,提高了有杆泵可靠性。二是逐步完善了工具的配套,研制了压缩式泄油器,基本杜绝了泄油器失效问题;完善了有杆大泵提液工艺,改进了 $\phi 95\text{mm}$ 泵脱接器和泄油器,并对活塞、抽油泵间隙等级、固定阀、泵筒进行了改进,增加泵的抗砂、防砂、抗腐蚀能力,延长了大泵高泵效期。三是抽油机由轻型到重型长冲程发展,以适应油田提液的需要,目前胜利采油厂已有22种抽油机,而且重型机在增多,八型、十型、十二型、十四型机是胜坨油田最主要的最稳定的机型,从安装、修理、维护、更换、管理都已配套形成了较为完整的生产体系。

在电泵技术发展上,通过近几十年的引进、消化、吸收并不断完善,从制造(修理)、检验、现场施工、现场管理等形成了一套完善的体系,相继研制成功了1#高级润滑油,实现了潜油电泵机组、潜油电泵控制柜全部国产化;形成了不同排量的电泵系列,适应了油田开发的需要。为适应特高含水开发期生产需要,对潜油电泵科学应用、延长潜油电泵运行寿命的配套修理技术、应用技术、施工技术和管管理技术进行了研究,开发应用了修理配件专用检测量具、离心泵硬质合金扶正套、无线测控系统,改进了单流阀结构、导轮结构和尺寸,大大提高了电泵机组配套工艺技术水平。到2002年底,电泵井作业维护率仅为5.7%,免修期达到了534d。电泵机组落井由1994年的186井次降低到2002年的33井次。

在特种泵抽油工艺上,为满足高压低渗、油稠、出砂等低品位油藏开发的需要,发展应用了螺杆泵、水力喷射泵、电伴热、防砂卡泵等特种抽油工艺,形成了适应不同油藏特点不同油井举升要求的提升工艺系统。

通过上述工艺的完善与推广,举升系统的可靠性大幅度提高,满足了胜坨油田开发生产的需要。

### 2. 注水工艺

胜坨油田沙一、沙二段油藏是多层整装砂岩油藏,油层物性好,渗透率高,非均质严重。针对油藏特点,主要采取了注水保持油层能量的开发方式。“九五”期间,胜坨油田注水工艺立足于油田规划部署,以“注够水、注好水”为指导方针,注水工艺在各个方面都取得了很大的进展,在开发过程中逐步形成了针对胜坨油田油藏特点的注水工艺技术。

在水处理技术上,胜坨油田含油污水处理和回注自1977年开始,到目前污水处理的构

筑物、设备的材质和污水处理技术都有了很大的改进。胜坨油田第一座污水站——坨四污水站，除油和过滤装置全采用钢筋混凝土结构，现在采用钢制容器内衬防腐材料。管线先后应用了全钢质材料、玻璃钢管线、尼龙管线，目前主要采用钢制管线内衬非金属防腐材料。污水处理流程逐渐由两级沉降发展为两级沉降加上过滤系统。处理过程中为加快水质净化，保证水质稳定，开展了缓蚀剂、絮凝剂、阻垢剂、杀菌剂、反相破乳剂等药剂的筛选和配方研究，优选出最佳配方，并对加药系统自动化进行改造，自动调整加药量，提高了药剂作用效果。

在分注工艺上，根据胜坨油田油藏特点，投入注水开发以后就进行了分层配水，分层注水管柱经历了固定分层配水管柱、偏心活动配水管柱和空心活动配水管柱三种管柱类型。固定分层配水管柱由于固定式节流器只能节流，进行调配、更换水嘴时要起出管柱，已逐步被淘汰。目前胜坨油田分层注水管柱形成了主要以“油管+封隔器+空心配水器”为主，防蠕动、封窜、深井配套管柱为辅的管柱配套模式，适应了不同注水井的具体井况，延长了分层管柱寿命，达到了有效分层注水的目的。该管柱具有结构简单，投捞成功率高的优点，但分注层数只能在四层以下。

封隔器方面，主要经历了扩张式封隔器 K344 型和压缩式封隔器 Y341 型两种可洗井封隔器，在扩张式和压缩式两种封隔器的基础上，通过技术改进，研究引进了具有不同性能的水井封隔器，形成了 Y341 封隔器系列化，研制引进的 Y341-115G(113G)封隔器的密封压力可高达 35MPa，适用于各油田高压分层的注水井、需保护套管的注水井以及套管损坏需卡漏的注水井；引进的自验封封隔器，采用液压传递原理，液缸能够在 9MPa 下产生足够大的座封力，保证封隔器胶筒的座封可靠，并可进行验封。

配水器方面，初期基本上以固定配水为主，主要应用了 K344-112 封隔器配合使用 KGD 配水器，但存在固定配水效率低、成本高的问题，逐渐推广偏心配水，1981 年偏心配水井已占总注水井的 50%。随着污水全部回注，偏心配水井在测调过程中，经常出现座不住、下不去、调卡等事故，使测调成功率大大降低，从 1984 年开始到目前普遍采用空心配水工艺，并针对配水器出水凡尔容易刺大的现象，将凡尔球和座采用不锈钢材质，进行渗氮处理，加强了配水器凡尔的耐冲刷能力，减少了注水井洗井短路。为解决水嘴刺大刺掉现象，试验推广应用了渗钕水嘴，应用效果良好。

油管更换方面，积极推广和试验了镍磷镀、氮化、玻璃钢内衬、CK54、不锈钢内衬等新型油管。

增注工艺上，由于胜坨油田的非均质性使得层内吸水差异很大，注水开发初期，主要采用常规土酸增注，对解决中、高渗透层机械杂质和泥质损害有一定的效果。为了更有效地调整层间矛盾、改善吸水剖面，近年来先后研究引进了多种水井解堵增注工艺，针对不同的堵塞类型，分别应用了硝酸缓速酸、酸热助排、低伤害酸等化学增注新工艺。另外，自 90 年代以来，物理解堵被广泛应用于胜利采油厂的欠注层改造，主要有高压水旋转射流、低频水力解堵两种解堵工艺，目前已成为胜坨油田增注的重要技术手段。

### 3. 高含水期配套工艺

针对胜坨油田沙一、沙二段含油层系多，油层厚度大，渗透率高，层内非均质严重，开发后期油层出砂加剧等问题，主要配套采用了堵水调剖技术、封堵炮眼工艺技术、油水井经济治沙技术和聚合物驱油工艺。



一是由于层间非均质性强，层间干扰严重，导致注水井注入水沿高渗透条带水窜严重，水驱效果差，对此研制并发展应用了堵水调剖工艺。从初期的单井封堵到单元整体封堵，在堵剂系列化研究技术，优化设计技术，注入工艺配套和效果分析评价技术等方面都进行了深入的研究应用，形成了矿场工业化应用规模，有效地改善了水驱状况。在堵剂研究改进方面，通过研究与改进，堵剂类型由过去单一的水玻璃-氯化钙、木质素磺酸钙发展到目前的五大类，即：冻胶凝胶类、颗粒类、沉淀类、树脂类和组合堵剂，并开展了调剖机理研究和室内性能评价，形成了胜坨油田特高含水期水井调剖堵剂的规范化应用模式。在优化设计技术方面，按层内堵水和层间堵水不同的调剖需要，对堵剂的选择、堵水方式的确定、注入速度的选择、堵剂量的选择等进行优化，配套应用区块堵水调剖优化决策技术，提高调剖效果。在注入设备上，由单井水泥车注入，发展应用了立式电泵、三缸柱塞泵，形成了固定式和移动式配注流程，满足了不同剂量、不同堵剂的配制与注入要求。

二是为进一步挖掘老区高含水油井剩余油潜力，胜利采油厂加大油井封堵炮眼工艺的研究应用力度。针对不同的井况，试验应用了多种水泥炮眼封堵技术：对于常规封堵炮眼、封窜堵漏井，应用超细水泥堵剂封堵；对长井段、射开层段多、渗透率差异大的油井封堵效果差的问题，研制开发了 JS-1 低滤失水泥，降低了水泥浆瞬时失水速度；对于套变、缩径、井斜度大等套变井封堵留塞钻塞困难或无法钻塞的问题，研制应用了不钻塞炮眼封堵工艺。

三是伴随着地层能量的逐年下降和含水的不断上升，沙一段、沙二段油层进入特高含水期后，出砂逐渐加剧，目前几乎口口井出砂，油井平均含砂量已经达到了 0.5370‰。油井出砂的不断加剧对油田开发造成了很大危害。针对沙二段出砂并治理上经济性要求高、井况复杂的特点，按照“地层稳砂、井筒清砂、泵下挡砂”的技术思路，在深化沙二段出砂机理和规律研究的基础上，逐步配套完善了系列经济治沙工艺，形成了以 DGW-1 稳定剂、DYS-1 抑砂剂、交联抑砂剂、低浓度树脂为主的稳砂系列工艺；以暂堵冲砂、机械捞砂为主的冲砂、清砂系列工艺；以泵下挡砂器、泵下旋流除砂装置为主的挡砂工艺，最大限度减少出砂对油田开发的影响。

#### 4. 聚合物驱油工艺

胜坨油田经过 30 年的滚动开发，到 1996 年，油田综合含水已高达 93.8%，进入特高含水后期开发，水驱稳产难度越来越大。在此状况下，虽然进行了强采强注、脉冲注水、改变液流方向、堵水调剖等强化二次采油工艺措施，但可采储量的增加，不能满足储采平衡的需要，剩余可采储量采油速度已高达 14%。在这种形势下，为探索一条提高特高含水阶段采收率的有效途径，实施三次采油工艺技术十分必要。针对胜坨油田油藏地质条件复杂、油藏温度高、地层水矿化度高等地质特点，经攻关研究，筛选出胜一区沙二 1~3 进行聚合物驱先导试验，并从聚合物的筛选、配注模式到工艺配套等方面进行了大量的实验、研究，实施后取得了明显的降水增油效果。

一是针对胜坨油田油藏温度高、矿化度高的实际状况，优选出耐温耐盐性能较好的北京恒聚、MO4000 两种驱油剂，并实验了母液清水配置污水稀释、母液清水配置清水稀释两种配注模式；二是针对注聚区注聚后油井偏磨严重、出砂加剧、电泵井胶堵等问题，开展了一系列的工艺配套研究与应用。对于偏磨井，应用低磨阻泵，在保证不增加间隙漏失的情况下，通过减少柱塞与泵筒的接触面积来减小柱塞下行阻力；应用加重铈，克服活塞的下行阻

力,从而减缓偏磨。对于出砂井,配套应用预充填树脂防砂工艺;对于电泵井胶堵严重的问题,实施工艺转向,应用连续杆配双头螺杆泵。三是对于注聚区注聚后油井窜聚的问题,开展防窜工艺的技术攻关,发展应用了弱凝胶+橡胶颗粒的深部调剖剂,具有较好的耐温、耐盐性能,可移动性好,满足油藏深部调剖的需要。

胜一区沙二1~3砂层组于1998年4月开始注聚。至2002年底,已累计注聚合物干粉7005.7t,累计增油 $46.4916 \times 10^4$ t,已提高采收率4.27%,为二、三类油藏的聚合物驱探索出了一条有效途径。

## 二、东营组油藏开发工艺配套技术

东营组油藏泥质含量4%~15%,油层胶结疏松,易出砂,目前生产井中77%的井是通过机械防砂才能生产。因此,在举升工艺上,在沙一、沙二段油藏举升工艺配套模式的基础上,重点研究应用了防砂卡泵、泵下挡砂、旋流出砂、螺杆泵等工艺,提高举升系统可靠性,延长油井免修期。在水井上,适当加大K型封隔器的应用比例,该封隔器停注时胶筒自动收回,可避免作业砂卡交大修。对于东营组开发工艺配套上,主要针对出砂、套损两个问题,进行了防砂工艺与套损井治理工艺的研究与应用。

### 1. 严重出砂井防砂技术

针对东营组的地质情况,胜利采油厂从80年代初引进推广机械防砂技术,先后试验了环氧树脂滤砂管、金属粉末和金属棉等滤砂管、绕丝筛管-砾石充填及高压一次充填等技术。经多年的消化吸收,改进和完善了机械防砂技术。

胜坨油田的机械防砂主要采用绕丝筛管-砾石充填防砂和管外高压充填防砂工艺。并进行了一系列工艺改进:一是采用两步法充填解决了漏失井防砂难的问题;二是对井段较长的井采取多次充填;三是对油层进行二次补孔,增加渗滤面积。

加强了油层预处理技术的研究应用力度:一是采取混气排液、防膨酸化、油层清洗等措施,强化了对油层深部堵塞的处理;二是研制开发了负压返排工具,通过人为造成井筒负压,利用油层压力将近井地带的堵塞物返吐至井筒,解除了近井地带的油层堵塞;三是研制开发了炮眼冲洗工艺,利用该工艺清洗炮眼附近的地层,维持射孔孔眼畅通,在套管外提供更多的砾石充填空间,减少了防砂对油藏的伤害;四是针对油层的非均质性设计加工了均匀注入工具,实现了对出砂层的均匀处理。

在改进绕丝筛管-砾石充填防砂和配套油层预处理等防砂工艺技术的同时,按照“以出砂油藏特性,井况特点,优选防砂配套工艺技术”的思路,在深化出砂油藏地质研究的基础上,结合单井井况特点,把胜坨油田东营组出砂井分为三种类型,优化防砂工艺技术,形成了三类防砂工艺的配套模式。

#### 1.1 东营组构造高部位出砂井防砂模式

对处于构造高点的出砂井,地层能量充足、地层砂分选好,冲出砂平均粒度中值在0.2~0.27mm之间。该类出砂井主要采取油层预处理+绕丝筛管挤压循环充填配套模式。

#### 1.2 东营组构造边部、稠油井防砂配套模式

东营组油藏边部能量相对较差,原油粘度较高。针对该特点,配套应用了管外高压充填防砂配套模式,充填半径达2~2.5m的砾石充填层,可以将地层微粒阻挡在充填层以外,同时,有效改善了近井地带的渗流状况,确保了防砂后油井产能。