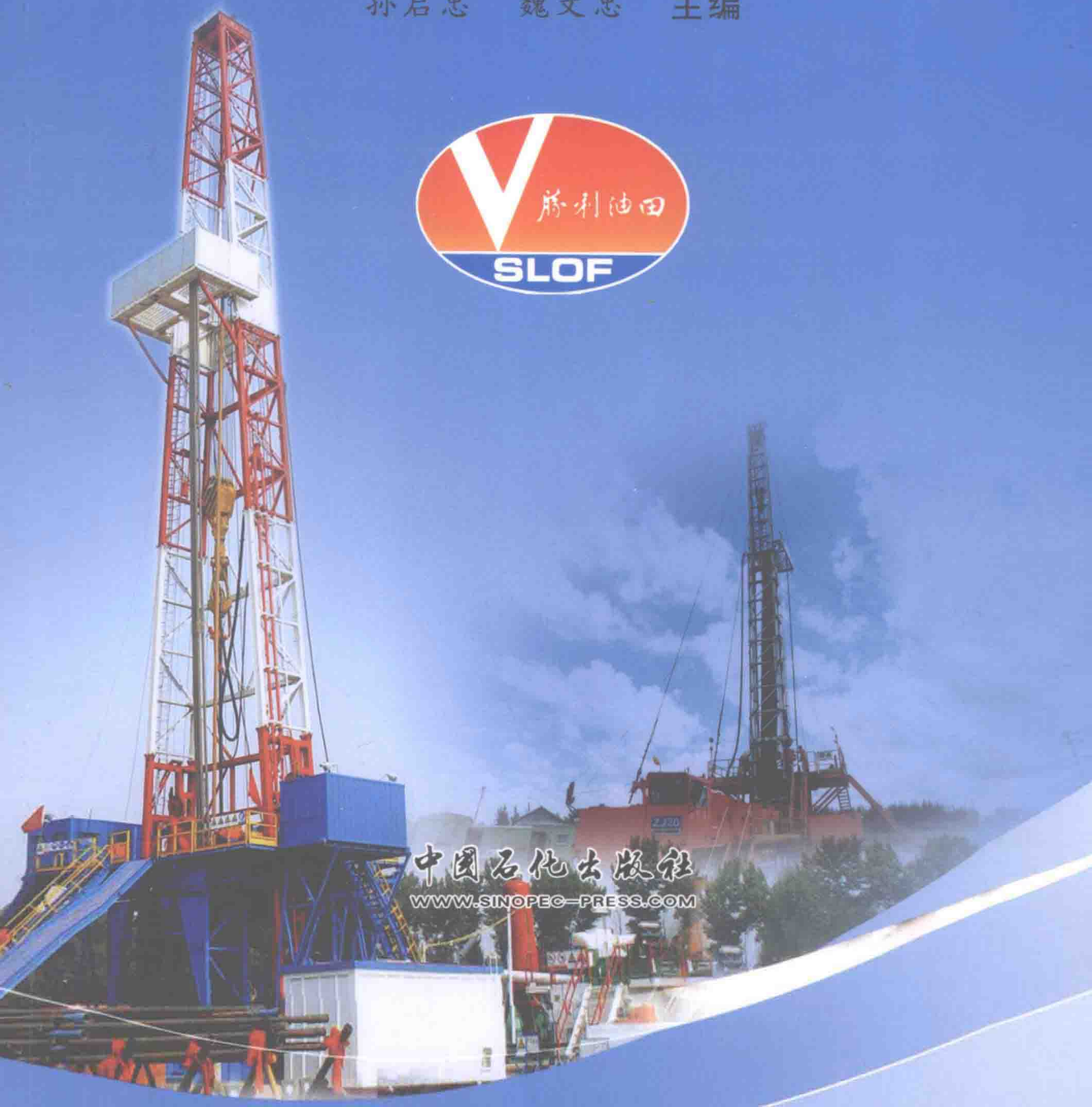


胜利油田石油工程新技术

2008年石油工程技术研讨会论文集

孙启忠 魏文忠 主编



中国石化出版社

WWW.SINOPEC-PRESS.COM

胜利油田石油工程新技术

2008 年石油工程技术研讨会论文集

孙启忠 魏文忠 主编

中国石化出版社

内容提要

本书从胜利油田 2008 年石油工程技术研讨会发表的 64 篇论文中选出了 63 篇优秀论文,进行了认真修改和编辑,力求突出先进性、针对性、实用性与指导性。本书较全面地总结了胜利油田“十五”以来石油工程技术进展情况,介绍了石油工程技术最新进展和成熟技术的应用情况。对石油工程技术系列进行了系统分析和探讨,进一步理清了当前石油工程技术的实际水平,明确了“十一五”乃至更长时期攻关研究和发展思路、方向和目标。

全书共分地球物理勘探开发技术、钻井技术、地质录井技术、测井技术、井下作业与修井技术等内容,对从事石油工程技术、石油勘探开发等方面的管理与研究人员掌握技术实际情况、明确工作方向具有很强的指导作用,对于院校师生了解胜利油田发展现状与方向、提高学习水平具有一定的参考和借鉴意义。

图书在版编目(CIP)数据

胜利油田石油工程新技术:2008 年石油工程技术研讨会论文集/孙启忠,魏文忠主编. —北京:中国石化出版社,2008

ISBN 978—7—80229—742—5

I. 胜… II. ①孙…②魏… III. 石油工程—工程技术—文集 IV. TE—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 150388 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

胜利油田胜利报业发展有限责任公司排版印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 27.75 印张 698 千字

2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

定价:78.00 元

序

1961年4月16日华8井试油首获工业油流,发现了胜利油田。经过40多年的勘探开发,到2006年底已经发现油田74个,成为国家重要的能源供应保障企业。40多年来,胜利石油工程技术队伍承担着勘探开发的重任,立足胜利实际,瞄准国内外先进水平,不断攻关研究与推广应用新工艺新技术,逐步发展成为具有科研攻关、工程设计与施工、工程技术服务、技术培训等多方面优势于一体的综合配套能力国内先进的有机整体,总体技术水平保持了国内优势地位,在一些关键技术方面达到了国际先进水平。石油工程技术的进步,不仅为胜利油田勘探开发做出了巨大贡献,也为外部市场石油勘探开发提供了有力的技术支撑。

近年来,随着中石化“稳定东部,发展西部,加快南方,开拓国际”油气资源战略和国家能源战略的实施与调整,随着我国西部石油开发规模的不断扩大、南方地区勘探规模的全面展开以及进入国外进行勘探开发,对石油工程技术提出的要求和考验是前所未有的。这就要求我们拿出措施,直面挑战,加快发展先进技术,早日实现胜利油田油气当量重上3000万吨的宏伟目标,稳步推进“百年创新,百年胜利”愿景目标的实现。

随着油田持续的改革重组,石油工程技术系统目前由五个专业、十三个单位组成,是油田的核心业务板块,是油田发展的主力军。几年来,我们已多次召开新技术研讨会和交流会,为加强交流沟通、促进技术进步起到了很好的作用。特别是今年召开的技术研讨会,全面总结现有的石油工程技术,科学分析存在的问题,总结出成熟并推广应用的多项石油工程新工艺、新技术,充分显示了我们的技术水平和综合实力。

希望本论文集的出版,能进一步促进胜利油田石油工程技术的发展,一些成熟的新工艺、新技术、新工具得到进一步推广和应用。希望广大科技工作者多写高质量的论文,切实解决生产中遇到的难题,全面促进胜利油田石油工程技术水平的提高,为胜利油田的发展和中國石油化工集团公司的发展做出新的更大的贡献。

A large, stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Zhao Zhen, the author of the preface.

前言

胜利油田经过 40 多年的勘探开发,目前已经形成具有 74 个油田、年产量 2700 多万吨的大型能源企业。回顾几十年来的发展变化,每一次大的勘探突破,每一次产量的提高,都与石油工程技术的进步密切相关。可以说,没有石油工程技术的进步与发展,就没有勘探开发大场面的形成,就没有今天在国内能源行业的应有地位。同时也要认识到,没有勘探开发对石油工程技术的需求,石油工程技术进步也就没有动力,也难以形成今天在国内具有优势、关键技术达到世界先进水平的局面。互相促进,共同发展,保持了胜利油田多年来三级储量过亿吨的良好发展态势。

根据中石化“十一五”期间“稳定东部,发展西部,加快南方,开拓国际”能源发展战略和国家能源发展战略的要求,胜利油田提出了“百年创新,百年胜利”的美好愿景目标。要实现这些目标,最根本的归根到底还是要依靠石油工程技术的进步与发展。但是,勘探开发对象日趋复杂、难度越来越大,新区“世界级难题”项目、老区地下压力系统紊乱现状、难动用油气藏脆弱的物性特点以及管理方面的问题,都是面临的实际难题。同时,国内外石油工程技术的迅速发展,多年来与国际先进水平存在的差距,都需要我们加快石油工程技术的发展。

2008 年石油工程技术研讨会,就是在这种情况下召开的。这是一次摸清家底、理清思路、明确目标的会议,是一次具有重要意义的会议。会议进行了热烈的研讨,发表技术论文 64 篇。这些技术都是近年来特别是“十五”以来的新技术,是油田勘探开发的必需技术,有些技术在国内具有领先水平,某些技术达到了国际先进水平。内容涉及地球物理勘探开发技术、钻井技术、地质录井技术、测井技术、井下作业与修井技术等。本书选出了 63 篇优秀论文,进行了认真修改和编辑、结集印发,力求突出先进性、针对性、实用性与指导性。

赵金洲、孙启忠对本书编印提出了明确要求和总体安排,地球物理勘探开发技术、地质录井技术、测井技术部分由曲华铨、袁祖贵、陈卫东审校,钻井技术部分由张桂林、张延明、杨启贞负责审校,井下作业与修井技术部分由韩允祉、何金珊、王国防、丁磊负责审校,由魏文忠、张桂林、杨启贞统编定稿。

由于涉及专业多,技术内容多,文中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2008 年 3 月

目 录

胜利石油工程技术现状及“十一五”发展重点

..... 孙启忠 魏文忠 张桂林 蒋晓波 杨启贞(1)

胜利油田井下作业技术现状及发展方向

..... 韩允社 何金山 王国防 丁 磊(15)

地球物理勘探开发技术

油藏综合地球物理技术在永新地区的应用

..... 于 静 曹齐放 刘海臣(25)

钻 井 技 术

提高东营油区深部地层钻井速度探析

..... 李海涛 张延明 袁玉宝(41)

胜利油田海油陆采井钻井技术

..... 张乐启 李志亮 郭 鹏(48)

中深井优快钻井技术

..... 张乐启 李志亮 郭 鹏(59)

高压调整井防水窜固井技术

..... 荣 伟 赵 强(63)

桩西古潜山区块钻井技术

..... 单素华 韩玉玺 耿玉刚 张广峰(67)

膨胀管技术在钻井中的应用

..... 范玉福 魏学成(73)

长裸眼井钻井液技术的应用

..... 丁海峰 宋彦波 吴春国 任中启(81)

东营北带深井钻井施工技术探索

..... 刘同富 张敬智 张延明(88)

丰深区块钻井技术现状及认识

..... 王树永 李文明 向 刚 王庆水(95)

高强超低密度水泥浆体系的研究

..... 范玉福 张宏军 杨亚新 林 晶(99)

固井技术新进展

..... 孙 玲 张宏军 杨亚馨 蔡 涛(106)

河 148 区块综合钻井技术

..... 吴春国 宋彦波 李晓明 任中启 丁海峰(112)

井控装备密封检测系统的研究与应用

..... 王 鑫 郝荣明 王延文 苏山林 袁 强(116)

胜科 1 井超高温水泥浆体系的设计与应用

..... 孙 玲 李延伟 杨亚馨 蔡 涛(122)

胜坨地区高密度水泥浆体系的设计与应用

..... 孙 玲(129)

胜利海区鱼骨状水平分支井钻井工艺技术

..... 张金龙 顾洪成 胥洪彪(135)

埕岛油田鱼骨状水平分支井钻井液技术

..... 张金龙 胥洪彪(141)

南堡 5—4 井钻井液工艺技术

..... 刘金明 胥洪彪(147)

塔河油田侧钻井施工技术

..... 邵胜军(154)

羊塔克凝析气田复合盐岩层钻井技术研究与应用

..... 余福春(157)

英买 7—H2 井下 10³/₄in+9⁵/₈in 复合套管技术研究与应用

..... 余福春(162)

遇油膨胀封隔器在塔里木油田的首次应用

..... 刘 磊(165)

超低密度钻井液体系

..... 周 辉 高素丽 郭保雨(168)

废弃钻井液处理技术

..... 严 波 高素丽 郭保雨(180)

生物酶可解堵钻井液完井液技术

..... 杨倩云 严 波 郭保雨 杨国伟(185)

无固相钻井液在水平井中的应用

..... 张 宁 郭保雨(195)

新型钻井液完井液技术在油田勘探开发中的应用

..... 郭保雨 何兴华(200)

LWD 随钻地质评价技术在水平井开发中的应用

..... 刘玉榜 许孝顺 邱维清 杨玉丰(210)

大牛地气田 DF2 水平井轨迹控制技术

..... 都振川 周继坤 崔永辉 姚海俊(215)

定向井钻井技术在胜利油田的发展及其应用

..... 王升廷 邱维清 周继坤(220)

垦东新区流沙层水平井施工技术

..... 许孝顺 王丹辉 张许信 张明春(224)

桩 129—支平 1 陆地鱼骨状水平分支井施工技术

..... 王升廷 邵 忠 李绪锋(228)

控制压力钻井技术及其在樊深 1 井的应用

..... 王树江 韩玉华 张林伟(234)

钻井信息技术在油田勘探开发中的应用	杨传书(238)
胜利油田随钻测量技术	杨锦舟 马 哲(241)
新型保护油气层钻井完井液技术	薛玉志 李公让 刘宝峰(247)
小井眼钻井技术研究与在胜利油田的初步试验	曹向峰 冯光通 宋兆辉(254)
无粘土相漂珠钻井液、生物完井液在 DF2 井的应用	薛玉志 刘宝峰 张敬辉 李海斌 李公让(260)
提高固井质量的水泥浆体系	彭志刚 王绍先 王 毅 曹会莲(264)
水平井完井新技术	彭志刚 王绍先 李文才 杨海波(269)
可循环氮气泡沫钻井液技术	王 萍 薛玉志 张 斌 杨景利(274)
气体钻井技术在川东北地区的应用	燕修良 张林伟 曹 强 韩 强(283)
机械式自动垂直钻井工具	韩来聚 倪红坚 许俊良 赵金海 刘志和 聂云飞(290)
全过程欠平衡钻井技术在 DP3 井的应用	陈永明(294)
胜利海上石油装备研发现状及几点设想	徐松森(299)
胜利新型无固相完井液技术	薛玉志 李公让 刘宝峰 张敬辉 武学芹(305)
复杂深井井身结构设计	邱秀坤 王介坤 周延军 窦玉玲(311)

地质录井技术

东营凹陷北带沙四段地层划分	单 森 杜焕福 谢卫国(321)
复杂油气层录井综合评价技术	慈兴华 刘宋林 陈锡武 向巧玲 马兴强(330)
核磁共振录井技术在胜利油田的应用	王志战 王晓慧 王 鑫(347)

测 井 技 术

测井新技术在油田勘探开发中的应用	朱留方 张晋言 许东晖 翟 勇(359)
------------------	----------------------

井下作业与修井技术

油水井修井作业新技术

..... 范连锐 岳振海 逢明胜 李 云(377)

胜利油田中途测试技术

..... 王海波 张太斌 范连锐 于宗奎(385)

大型压裂技术在义 34 块的推广应用

..... 潘 勇 陈 东 李 云 范连锐(397)

坨 82 断块稠油热采井补砂技术及其应用

..... 李汝强 李传美 邵宝华 郑党明(402)

水泥返高以上套损井封堵工艺技术

..... 杜丙国 朱建军 郑 凯 朱林峰(407)

加快集成配套 推进创新发展 为油田老区开发提供技术支撑

..... 孙永壮 杜丙国 马清明 欧 征(412)

滩海陆岸油田修井作业配套技术的应用

..... 孙宝京 王 刚(419)

井下作业三公司井下作业技术现状及发展方向

..... 张洪军 蔡耀升 孙宝京 王 刚(422)

疑难井大修工艺技术研究及应用

..... 燕 旗 张 军 杜汉松 周成金(428)

胜利石油工程技术现状 及“十一五”发展重点

孙启忠 魏文忠 张桂林 蒋晓波 杨启贞

(胜利石油管理局)

摘 要 对胜利石油工程系统物探、钻井、录井、测井、井下作业等专业当前情况进行了分析,主要包括队伍与施工能力、技术状况、主要制约因素等,提出了“十一五”后三年的重点工作。分析认为,经过几十年的发展,胜利石油工程技术在国内同行业具有一定优势、关键技术达到国际先进水平,同时也存在着诸多差距。应进一步开展攻关研究、推广应用先进工艺技术,为油田勘探开发提供有力支撑。

关键词 胜利油田;石油工程;现状;发展重点

“十五”以来,针对胜利油田老区增储上产、新区勘探和开拓国内外市场面临的新形势、新课题,石油工程系统以油田“百年创新,百年胜利”愿景目标为引领,以实现“三稳一保”阶段目标为己任,树立“以人为本、科技领先、效益至上、竞争发展”的理念,依靠科技创新,加强企业管理,注重资源配置,在油田发展中发挥了中流砥柱的作用,成为管理局经济增长和油田和谐发展的支柱和基础。

1 队伍规模与施工能力

胜利石油工程板块主要由物探、钻井、录井、测井、井下作业等专业组成。现有 3 个陆地钻井公司、1 个海洋钻井公司、4 个井下作业公司以及物探公司、测井公司、地质录井公司、钻井工程技术公司、钻井工艺研究院等 13 个单位。

到 2007 年底,主要施工队伍 900 多支,用工总量 54731 人,其中,一线用工 27767 人、二线 16560 人、三线 10404 人。

1.1 物探专业

主要施工队伍 17 支。其中,已取得施工资质的甲级队 9 支、乙级队 8 支。现有主要地震勘探装备 115 台(套),配套有地震钻机、滩海设备和专业运载设备等。

用工总量 2924 人,具备年完成二维地震 6000km、三维地震 3000km² 以上的施工能力。

1.2 钻井专业

现有陆地钻井队伍 170 支,海洋钻井队伍 8 支,以及配套完善的专业施工、技术服务、后勤保障、施工设计和新技术研发等队伍。现有甲级队 28 支,乙级队 65 支,用工总量 21369 人。

在用钻机 178 台,其中陆地钻机 170 台,海洋移动式钻井平台 8 座。陆地钻机中,12000m 钻机 1 台,7000m 钻机 29 台,6000m 钻机 2 台,5000m 钻机 24 台,4500m 钻机 18 台,4000m 钻机 20 台,大庆Ⅱ型钻机 55 台,3000m 以下钻机 21 台。其中电动钻机 27 台,各种类型的顶部驱动装置 28 套。海洋钻井平台具备在水深 2.5~35m 海域内施工的能力。具备年钻井进尺 550×10⁴ 以上的施工能力,其中海洋钻井进尺 20 多万米。

建立了空气钻井技术服务队,配备空压机 24 台、制氮设备 5 台、增压机 11 台,以及地面管汇、旋转控制装置等设备。空气总量达 $800\sim 860\text{ Nm}^3/\text{min}$,氮气总量达 $240\sim 260\text{ Nm}^3/\text{min}$ 。

1.3 录井专业

现有录井队伍 153 支,其中,探井录井队 58 支,开发井录井队 93 支,井位测量队 2 支。已取得施工资质的甲级队 26 支,乙级队 49 支。用工总量 1454 人。

各种类型录井设备 62 台(套),包括具有国际先进水平的 Advantage 综合录井仪、SL-Advantage 综合录井仪、ALS-2.2 综合录井仪 22 台;具有国内先进水平的 SL-ALS-2 综合录井仪、探索者综合录井仪 23 台;一般水平的 SRP2000 综合录井仪、GEO6000 综合录井仪 14 台,探索者 QC-1 气测录井仪 3 台;用于开发井的小型录井仪 64 台;井位测量设备 22 台;卫星传输设备 2 套;并配套了地化录井仪、定量荧光分析仪、水分析仪等其它辅助设备。

具备年完成地质录井 1800 口(探井 300 口、开发井 1500 口)、井位测量和地质设计 2000 口以上的能力。

1.4 测井专业

现有施工队 96 支,其中,裸眼测井队 56 支,套管测井队 12 支,射孔队 28 支。已取得施工资质的甲级队 20 支,乙级队 43 支。用工总量 2065 人。

主要生产设备 324 台(套),其中测井专用设备 113 台(套),以及配套完善的资料处理解释系统。自主研制开发的 SL-6000 型成像测井系统 9 套、SL-3000 型测井系统 68 套,占总数的 68%。引进的 ECLIPS-5700 成像测井系统 14 套、EXCELL-2000 型测井系统 4 套、CS400 数控测井系统 3 套、3700K 数控测井系统 3 套。具备年施工 10000 井次以上的能力。

1.5 井下作业

现有井下作业队伍 411 支,其中,试油队 29 支,作业队 317 支,修井队 63 支,酸化压裂队 2 支。已取得施工资质的甲级队 73 支,乙级队 188 支。海上作业施工队伍 8 支(海上作业队 5 支、试油队 3 支)。用工总量 16735 人。

主要作业设备 705 台(套),其中,通井机 552 台,修井机 144 台,2000 型压裂车 14 台,1600 型、1800 型压裂车各 5 台,混砂车 6 台。海上移动式作业平台 5 座,可适应水深 30m 以内海域作业。

具备年综合作业施工 23000 多井次的能力,其中海洋综合作业 160 多口。

2 石油工程技术现状

“十五”以来,针对胜利油田勘探上资源接替不足、开发上“三高”矛盾突出、稳产难度增大的状况,以资源接替和提高采收率为中心,积极组织技术创新工程,不断集成应用成熟技术,加强技术攻关,逐步开发、配套、完善适应老油田稳产、提高采收率、开发难动用储量和提高深层及隐蔽性油藏勘探成功率的石油工程技术。同时,根据“走出去”发展的需要,针对勘探对象更加多元化、复杂化,已有技术不能完全适应新区勘探和海外施工的局面,组织开展技术攻关,形成了具有胜利特色的石油工程技术,增强了竞争实力。

2.1 物探技术

近几年来,依托两个国家级及多个集团公司重点科研项目,研究并形成了高精度地震勘探技术、复杂地表地震勘探技术、油藏综合地球物理技术以及地震资料处理技术,解决复杂地质问题的能力显著提高,在各探区推广应用取得了良好的效果。

(1)高精度三维地震勘探技术。形成了以地质模型为基础的目标采集设计技术,针对地表特点优选表层结构的调查技术,研究应用高能宽频的定向激发等配套技术。

(2)复杂地表地震勘探技术。主要有复杂山地、沙漠戈壁、平原复杂地表、滩浅海地震采集技术。

(3)现场处理技术。包括高分辨率资料处理,深层、山地、滩浅海、沙漠等资料处理和地震资料属性分析等多个方面。能够完成各种地表条件下的二维、三维地震资料现场处理。在目标处理领域,滩浅海资料处理技术、深层资料处理技术达到国际先进水平,低信噪比资料处理技术居国内领先水平,有多项技术填补国内空白。

(4)油藏地球物理技术。主要进行了井间地震技术、多波多分量地震勘探技术和三维 VSP 技术的研究应用。

在胜利油田隐蔽油气藏、复杂断裂带、东西城区、黄河复杂地表、滩浅海勘探中综合应用优势技术,成果显著。每年完成 1000 平方千米左右的三维工作量,老区新层系、新类型的油气藏不断发现,促进了储量的稳定增长,使胜利油田连续多年三级储量过亿吨。

在勘探新区,成功应用山地高分辨率地震勘探技术,逐步实现了“三高一宽”的技术目标。自 2000 年进入南方探区,累计完成二维工作量 522km,三维工作量 1817km²。2001 年进入新疆探区,累计完成二维工作量 14500km,三维工作量 3000km²,为集团公司新区勘探作出了贡献。

依靠过硬的技术实力和良好的信誉开拓海外市场,先后在伊朗、沙特、吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、蒙古等国家进行地震勘探施工,共完成二维工作量 2486km、三维 203.3km²,有效拓宽了发展空间。

“十五”以来,共完成二维工作量 27799km,三维工作量 13818km²,其中在胜利油田内部完成二维工作量 7098km,三维工作量 7551km²。2007 年完成二维工作量 5017km,三维工作量 2513.7km²,VSP 测井 13 口,实现收入 10.99 亿元,创历史最好水平。

2.2 钻井技术

目前,形成了“中深井优快钻井技术”、“特殊工艺井钻井技术”、“深井超深井、复杂井钻井技术”、“浅海钻井技术”、“油气层保护技术”等优势技术,具备较强的新技术研发、技术服务、井下测量仪器、工具和职工培训等方面的综合实力。

(1)中深井优快钻井技术。近年来,全面推广应用了以“优化工程设计”、“区域钻井模式”、“复合钻井”、“导向钻井”、“优质钻井液”为主体的“优快钻井技术”,在胜利油田定向井、水平井等特殊工艺井逐年递增、钻井难度增大、实际动用钻机基本不增的情况下,钻井口数、进尺连年增加。2007 年,平均井深同比增加 94.74m、定向井完井 1063 口(占 69.75%)、水平井 231 口(占 15.16%),机械钻速提高了 1.70%,平均动用钻井队年进尺达 4.2×10^4 m,各项指标创历史最好水平。

(2)定向井、丛式井钻井技术。近年来,陆上、滩海、海洋钻井中全面推广定向井、丛式井随钻导向钻井技术,技术水平不断提高,平均钻速达到了同类直井水平。先后完成了桩 139 丛式井组、埕岛西 A 井组、垦东 12 平台等众多丛式井组,为勘探开发提供了有力保障。

“十五”以来定向井钻井情况

年度	开钻/口	完井/口/占%	进尺/10 ⁴ m/占%	平均井深/m
2001	563	569/ 41.02	132/ 41.84	2375.00
2002	546	554/ 44.07	126/ 44.36	2329.00
2003	552	563/ 45.29	124/ 46.38	2269.00
2004	719	719/ 50.06	152/ 50.13	2112.00
2005	900	898/ 59.00	184/ 57.40	2030.97
2006	981	1002/56.87	216/53.67	2183.63
2007	1074	1063/69.75	221/62.43	2161

(3)水平井钻井技术。胜利油田经过十几年攻关、试验和推广应用,形成了优化设计、复杂井眼轨迹控制、地质导向钻井工艺等配套的水平井钻井技术,完成了一批阶梯式水平井、薄层水平井、丛式水平井、平面弧形水平井、纵向拱形水平井、三维绕障水平井、大位移水平井、分支水平井的设计与施工。目前,在油田内累计完成水平井 828 口(其中 2007 完成 231 口),外部市场提供技术服务及施工 479 口,总数达 1307 口。

(4)大位移井钻井技术。胜利油田滩浅海地区是利用大位移井进行“海油陆采”的主要地区,形成了以悬链线轨道设计和变曲率轨道设计模型、地质导向、可变径稳定器、液力加压器等大位移井钻井配套技术。目前,胜利油田累计完成水平位移大于 1000m 的井 306 口,其中大于 1500m 的井 47 口,大于 2000m 的井 12 口。完成了埕北 21—平 1 井、垦东 405—平 1 井两口按大位移井方式进行的钻井现场试验应用。

(5)地质导向钻井技术。在引进 MWD、FEWD 并进行应用的基础上,“十五”期间研制出了具有自主知识产权的 MWD、随钻自然伽马测量仪和随钻感应电阻率测量仪,形成了薄油层和超薄油层地质导向钻井技术,使厚度小于 1m 的油层得到有效开发。在新疆哈德油田,完成 22 口超薄油藏水平井,所钻油层厚度均在 0.9~1.5m 之间,油层最深超过 5000m,油层平均有效率达到 89.5%。油田内部完成的营 31—平 2 井,油层厚 0.9m,钻穿油层 229m,钻穿率 85%。

目前,达到了年完成 400 口以上、口口井使用 LWD 的水平井配套能力,是油田提高油藏动用水平、提高采收率的重要手段。

(6)分支井钻井技术。经过多年的分支井钻井研究应用工作,初步形成了分支井配套技术。到 2007 年底,在油田内部完成了 TAML4 级分支井 4 口,完成“鱼骨状”分支水平井 6 口。

2006 年 10 月完成的第一口“鱼骨状”分支水平井——CB26B—P1 井,由一个主井眼和四支分井眼组成,目前该井采用 4 毫米油嘴生产,日产油 100t,为周围油井的 3.3 倍。

(7)欠平衡及气体钻井技术。胜利油田低压低渗、超低渗、古潜山、低压稠油等油气藏多,应用常规钻井方式开发效果差,经过多年欠平衡压力钻井研究应用,逐步形成配套技术。到 2007 年底,共完成欠平衡井 123 口,成功地进行了 2 口井全过程欠平衡钻井试验。

在川东北老君 1 井,首次在中石化系统进行了空气钻井试验。目前,在四川地区已完成 19 口井气体钻井技术服务,其中空气钻井 12 口,氮气钻井 7 口,平均提高钻井速度 5~10 倍。

(8)深井、超深井钻井技术。胜利油田地质条件复杂,地层岩性变化大、断块多、压力系统复杂,具有不同于国内外其它地区的特殊性。特别是中深部的岩膏层、紫红色泥岩层,蠕变速度快、塑性变形大,是制约深井钻井的“瓶颈”。深部地层的超高温、高压,也是东营地区显著的技

术难点。多年来,对于深部地层的钻探一直是钻井技术工作的重点,也取得了重大技术突破。

2007年完成的胜利1井,是中国东部最深的一口科学探索井,完钻井深7026m,钻井时间717天,井底温度235℃、地温梯度3.34℃/100m,克服了十二方面技术难点,实现了十几项技术突破。其中超高温、高密度水基钻井液体系、固井完井技术的研究与应用创国内最高纪录。

到2007年底,在胜利油区共完成井深超过4500m的深井136口,其中超过5000m深井41口。在外部市场完成超过4500m深井246口,其中超过5000m深井196口,超过6000m深井49口。

(9)膨胀管技术。承担了集团公司“实体膨胀管技术研究及应用”课题的研究,形成了具有自主知识产权的膨胀管技术。目前已形成4¼in、5½in、6in、8⅝in等4种规格实体膨胀管的加工和施工工艺技术,完成了12口井的套管补贴。

目前,正在进行国产膨胀尾管的现场试验应用工作。试验井林3—侧更11,原井套管139.7mm×7.72mm,深度1093.16m。设计侧钻窗口井段950~975m,最大井斜14.51°,膨胀管安装深度915~1080m,膨胀后外径119.5mm、内径106mm,膨胀率11.2%。

(10)套管钻井技术。为解决海洋密集型丛式井组表层施工防碰问题,采用常规方式进行了两口井表层套管钻井试验。在垦东341井,利用Ø410mm钻鞋+Ø339.7mm套管进行钻进,用13.20h纯钻时间成功钻进至井深459.62m,进尺375.45m,机械钻速28.44m/h。在冀东油田海上老堡1井,采用套管钻井方式成功地完成了Ø339.7mm表层套管的钻进施工作业,施工井段81.46~500m。

(11)钻井液技术及油气层保护技术。形成了具有胜利特色、并能为国内外钻井施工提供技术服务的钻井液技术,不但为不同类型钻井提供了保证,而且有效保护了油气层,提高油田采收率。主要钻井液体系有:聚合物防塌体系、钾基聚合物体系、聚合物与氯化钾盐体系、正电胶(MMH)及黑色正电胶(BPS)体系、树脂钾盐体系、聚磺高温体系、甲基葡萄糖甙(MEG)体系、充(氮)气体系、无(低)固相体系、聚硅醇钻井液完井液体系、可酸化凝固型堵漏技术、纳米钻井液处理剂、非渗透钻井液完井液、油气层保护钻井液体系等。

“适合复杂多压力层系的非渗透钻井液技术研究”形成了适合复杂多压力层系的非渗透钻井液体系,累计完成203口井的试验应用。“氮气泡沫可循环钻井液技术”成功应用于新疆排206—1、排204井。“无粘土、低密度钻井液体系”及“生物降解完井液”在超低渗气田DF2井中应用获得成功,有效保护了油气层。

(12)固井完井技术。随着钻井技术的不断发展和钻井难度不断增加,为了满足钻井需要和勘探开发要求,重点发展了以下几方面的固井技术:

深井、超深井固井技术,高压油气井固井技术,低压井固井技术,水平井、大位移井固井技术,稠油热采井固井技术,筛管顶部注水泥及水泥浆充填管外封隔器完井工艺技术。研究应用了抗高温高压水泥浆体系、加重水泥浆体系、加重前置液、塑性水泥浆体系、胶乳防气窜水泥浆体系和新型减轻材料超低密度水泥浆体系,满足了不同油气藏固井要求,多项技术处于国内领先水平。

(13)重点科研项目研究攻关。形成了以钻井院、钻井工程技术公司为主体、各单位广泛参与、广大技术人员创新实践的科研工作运行机制,积极推进钻井科技进步。近年来,有七个重点项目获得重大突破。

一是承担的国家863重大项目“自动垂直钻井系统研制”,完成了国内第一套机械式自动垂直钻井工具的试验,在川东北雷北1井首次试验应用103h,平均机械钻速提高51%,为破解

川东北直井防斜打快难题提供了一种全新的技术手段。

二是承担的国家 863 课题“旋转导向钻井系统关键技术研究”取得了重大突破,进行了 2 口井的现场测试试验,目前正在进一步完善。

三是“南方复杂深井优快钻井技术研究”取得较大突破,在川东北完成 11 口空气钻井、4 口氮气钻井的现场试验,机械钻速提高 5~10 倍。

四是“海底管道内爬行器及其检测技术”利用具有自主知识产权的技术和装备完成了从海三站到海四联 3 公里输油管线的实际工程检测,填补了国内空白,《浅海海底管线电缆检测与维修装置》获国家技术发明二等奖。

五是“鱼骨状分支水平井钻井技术研究”完成 6 口井的现场试验,平均日产量为邻井的 3 倍以上。

六是“无粘土相漂珠钻井液体系”在鄂尔多斯 DF2 井成功应用,探索了一种低孔低渗气层开发的模式。

七是“东营凹陷深层钻井配套技术研究”,完成了胜科 1 井,完钻井深 7026m,在超高温、超深井条件下,高密度钻井液技术、取心技术、无线随钻测量技术、安全钻井技术等方面创出国内外多项纪录。

“十五”以来,共钻井 10758 口,进尺 2418 万米,平均年进尺 345.4 万米。2007 年,共打井 1721 口,进尺 411 万米,其中油田内钻井 1524 口,进尺 353 万米,外部市场钻井 197 口,进尺 58 万米,实现收入 109.25 亿元,首次突破百亿大关。

2.3 地质录井技术

近年来,随着胜利油田勘探程度的不断深入,勘探难度在不断增加,体现出了“低、稠、深、隐、小”的特点。地质录井如何适应复杂地质条件和特殊钻井工艺技术发展,一直是录井技术研究发展的重点。经过多年的研发、试验,胜利录井技术已经从以“建立地质剖面”、“油气显示监测”、“工程工况监测”为主,发展到“地质特性录井”阶段,在勘探开发中起到了重要作用。

主要技术包括:地质剖面建立录井技术;油气水识别与评价录井技术;钻井工程监控及油气层保护录井技术;井位(工程)测绘技术;钻井地质设计技术;录井地质综合研究评价技术;录井设备研制开发技术;录井信息现场采集、远程传输、信息管理和应用技术。

其中,综合录井、气测录井、钻井液录井、地质录井、定量荧光(QFT、QFA)录井及数据远程传输技术达到国际先进水平,核磁共振录井、井位测量、地质设计、油气层综合评价、单井评价及区块地质研究、岩矿及古生物分析、岩石热解地化录井、热蒸发烃色谱录井、罐顶气轻烃气相色谱分析录井、钻井液滤液水分析录井、有机碳分析、录井设备制造和检测居国内领先水平。

“十五”以来,共完成地质录井 8520 口,其中探井 840 口,开发井 7680 口。2007 年,完成初测井位 1430 口、复测井位 1432 口,地质设计 1629 口,开发井录井 1492 口,探井录井 144 口,实现收入 3.07 亿元。

2.4 测井技术

近年来,在解决复杂地质对象的地质认识、储层的评价、流体快速识别、产能预测、地层压力检测、储层压裂改造、优化射孔等多个方面取得了新成果,形成了配套的测井技术系列。

主要包括:中深层复杂砂砾岩储层(低孔、渗储层)测井系列与评价方法;滩坝砂极薄互层砂泥岩测井系列与评价方法;储层压裂改造工程测井系列评价方法;利用测井资料进行地层压力检测评价方法;快速地层评价与产能预测的测井系列与评价方法;及时测井与中途测试测井系列;以解决隐蔽气藏、描述砂体物性及相关沉积特征的电成像应用与评价方法;以解决裂缝

性储层评价的电成像、核磁测井与评价方法;以解决潜山构造和建立井旁构造模式评价方法的电成像测井等。

在数据采集方面,能够针对不同的地质条件和油气藏类型,采用不同的测井系列和配套的施工工艺,获取各类测井、测试数据,满足各类油气藏评价和地质及工程的需求。在油气井射孔方面,具有针对不同的井眼尺寸、不同的环境条件和技术要求,采用不同的射孔工艺技术。在资料处理方面,为以 SUN5500 服务器以及 SUN 服务器为主的工作站配置了 40 多台(套)计算机设备,自行研制了解释工作站系统(SWAWS)和地质家(GEOLOGIST)微机解释系统,配备了国际先进水平的解释系统(GeoFrame、eXpress、DPP),主要承担成像测井资料的数据处理和交互解释。在施工技术方面,形成了高难度的水平井、大斜度井、欠平衡井、超深井等特殊工艺井测井、射孔技术。

自主研发的 SL-3000 型数控测井系统可完成裸眼井测井、套管井测井、射孔和井壁取心等作业,并配备有系列组合测井仪器、水平井测井工具等。自主研发的 SL-6000 型高分辨率多任务测井系统,能够完成核磁共振、微电阻率扫描成像、井眼声波成像、多极子阵列声波、高分辨率感应等成像测井项目,同时可以完成两个 LDT 常规满贯组合测井。

近年来,完成了一批重点井测井作业。其中,完成了塔深 1 井 6800~7358m 中间测井;应用研制的高温测井仪器完成了胜科 1 井测井施工;完成了元坝 1—侧 1 井测井作业,井斜 57°、井深 7427m。2007 年完成 5000m 以上深井测井 40 余口。

“十五”以来,共完成测井工作量 50115 井次,其中油田内部完成 47114 井次,外部市场 3001 井次。2007 年,油田内部测井 9029 井次,外部市场测井 1067 井次,实现收入 7.75 亿元。

2.5 井下作业技术

“十五”以来,为适应油田勘探开发的需要,井下作业技术在不断探索和实践中,有了长足进步。除了具备常规的作业技术外,形成了特(超)稠油油藏、高凝油藏、深层低渗油藏、粉细砂岩出砂油藏、复杂结构井、超深高温高压井施工技术。在勘探试油、修井作业、储层改造方面形成核心技术。

(1)勘探试油技术。形成了裸眼中途测试、裸眼膨胀式跨隔测试、射孔测试联作、高温高压高含硫气井测试、超深井和复杂结构井测试、稠油试采、浅海试油系列技术,能够满足裸眼井 149.23~311.15mm、套管井 114.3~339.73mm 的试油测试作业,全裸眼砂泥岩中途测试最大井深达 6735m,套管内测试最大井深达 5671m,油管输送射孔与地层测试联作最大井深 6042m。

(2)修井作业技术。形成了打捞解卡、套管修复、套管内侧钻技术系列。井下电视成像技术可以将套损段长度精确在 0.5m 范围内,能对井径 70mm 以上的套变井进行整形和打通道,裸眼井换套深度已达 1200m,套管补贴形成了波纹管补贴、柔性膨胀管补贴、小衬管加固、铅封补接等技术系列。套管内侧钻技术在液压组合式开窗、小井眼轨迹控制以及尾管固井等方面进展较快。

(3)储层改造技术。针对胜利油田的油层特点,研究形成了酸化技术、压裂工艺、防砂技术,施工范围由砂岩、碳酸盐岩地层扩大到砾岩、火山岩等特殊岩性及潜山构造储层,拥有全三维压裂设计软件和拟平滑加砂压裂、油层预处理等多项针对不同油藏的压裂施工技术,在防砂、稳砂、挡砂等方面形成防砂和 TSOP 压裂防砂等系列技术。其中 TSOP 压裂防砂技术最大排量达 4.5m³/min、最高砂比 135%,对油稠、粉细砂出砂井,采取高压管外充填防砂工艺、充填半径可达 2.5~3m。

(4)高压气井测试技术。针对川东北探区“三高气井”测试难题,引进先进的测试工具和解释软件、配套 105MPa/70MPa 防硫井口装置、改进了地面测试流程与测试联作管柱、开展射孔与压井堵漏等技术攻关,完成了一批重点探井测试作业。其中,普光 6 井最高日产气量 128 万 m^3/d ,最高压力 95MPa,普光 4 井硫化氢含量达 17.4 万 ppm,普光 5 井黄龙组侧试深度达 6062~6072m。

“十五”以来完成工作量达 194800 井次,平均年完成 27800 多井次。2007 年完成作业工作量 25469 口次,实现收入 48.8 亿元。

2.6 海洋石油工程技术

经过三十多年海洋石油勘探开发的实践,形成了集海洋工程研究、设计、施工于一体,独具规模和特色的胜利海洋石油工程体系。涉海施工单位十多个,从业人员达 5000 多人,不仅为胜利海上油田形成 220 万吨产能规模提供了重要工程技术支撑,而且进入了国内外海洋工程市场。

(1)海洋石油工程科研、设计能力。拥有中石化集团公司重点实验室——滩海工程模拟实验室,先后承担了国家“863”高科技项目、国家重大装备、中国石化集团公司“十条龙”等 19 项重大研究项目,并取得可喜成果。

能够承揽各类平台设计、石油专用船舶设计、海底管线电缆设计和海洋工程设计。具备海况调查、浑浊水下成像检测、海底管道检测、海底管缆探测等特殊技术。

累计设计和改造各类钻井、作业平台 12 座,采油平台 120 余座,海底管线及电缆 250 多千米。研究设计出了一批适用于浅海勘探开发的钻井平台、修井平台、采油平台、铺管敷缆船、三用工作船等海洋石油工程装备。设计完成的浅海坐底式钻井平台、步行坐底式钻井平台、移动式试采平台和石油作业平台、齿轮齿条升降的自升式修井作业平台、桩基液压自升式固定采油平台、破冰型三用工作船等项目都填补了当时国内空白。在海上油田勘探开发中发挥了重要作用。

(2)海洋石油工程技术。物探方面:具有在滩涂、潮汐过渡带和近海小于 30m 水深的区域进行精细二维、三维地震勘探采集的能力。在滩浅海地区地震波激发、接收、测量等方面进行了大量研究,形成了适合滩浅海地区特殊地表条件的观测系统设计技术、钻井技术、压电检波器及检波器精确定位等滩浅海地震勘探采集技术,在实际生产中取得了良好的勘探效果。中标完成了意大利 AGIP 公司滩海石油勘探国际反承包项目,开辟了以埕岛构造带为主的海上勘探区块。陆续发现了五号桩、长堤、埕岛等 14 个油田,为油田滩海地区的勘探开发做出了重要贡献。

海洋钻井:经过 30 年的发展,形成了适应海洋施工特点的钻井、泥浆、固井系列配套技术。完成了中石化系统第一口“鱼骨状”分支水平井埕北 26B—支平 1 井、第一口分支水平气井 KD34C 支平 2 井,填补了集团公司技术空白。南堡 5—4 井,完钻井深达到 5700m,是目前胜利海上施工最深的井。胜利九号平台年进尺高达 57396m,创出了单平台年进尺最高纪录。

海洋作业:具有专门从事海上修井作业的专业化施工队伍,能够在 30m 以内水深进行试油、修井、储层改造等作业。

3 主要制约因素分析

应该清醒地认识到,目前的状况还不能完全适应勘探开发和国内外石油工程市场形势的发展,与国内外同行相比还有很大差距,进一步创新发展还存在一些制约因素,主要是: