

献给冀东油田年产原油一百万吨

科学勘探 精细开发

(下册)

周海民 张国旗 主编

石油工业出版社
Petroleum Industry Press

内 容 提 要

本书收集了自 1988 年冀东油田成立以来具代表性的科技论文 114 篇, 包括综合、油气勘探、油田开发、采油工程与地面工程 5 个部分, 全面反映了冀东油田勘探开发各阶段的重要决策、主要理论与认识、重要成果以及配套技术的应用成果。该书的出版对冀东油田今后的发展具有重要指导意义, 对其他同类油田的勘探开发也具有参考和借鉴意义。

该书可供从事油气勘探、油田开发、采油工程、油田地面工程工作的决策、管理、科研及工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

科学勘探 精细开发/周海民等主编.

北京: 石油工业出版社, 2004. 12

ISBN 7-5021-4931-7

I. 科…

II. 周…

III. 石油工程-文集

IV. TE-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 132481 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

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 12 月第 1 版 2004 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 59.75

字数: 1520 千字 印数: 1-1200 册

ISBN 7-5021-4931-7/TE·3463

定价: 180.00 元 (上、下册)

(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

序

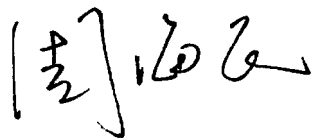
冀东油田是典型的复杂断块油田，陆上勘探面积只有 570km²，是一个经历了 30 多年勘探开发的地区，目前勘探开发工作主要集中在南堡凹陷及周边凸起。油区内地面水域纵横交错，钻井以斜井、水平井为主；地下断层较为发育，构造较破碎，储层横向变化快，含油井段长，油层层数多，油水关系复杂，油气主要沿断层分布，单个油藏规模较小；但平面、纵向空间油气分布富集，是一个富油凹陷，油藏类型多样。复杂的勘探开发背景和丰富的油气资源，给冀东油田的勘探开发工作带来了巨大的挑战和机遇。

面对困难和挑战，冀东石油人解放思想、求真务实、善于创新，创造性地开展工作，坚持走“科学勘探和精细开发”的道路，逐渐形成了适合冀东复杂断块油田特征的综合配套技术和方法，推动了油田勘探开发工作的发展和水平的提高。就是在这仅有的 570km² 范围内而且经历了 30 多年勘探开发的老探区，通过 17 年的不懈努力，终于在 2004 年建成了百万吨级油田，这是冀东油田发展进程中的一个重要里程碑。

我们精选出自 1988 年冀东油田成立以来能反映油田总体技术水平文章 114 篇，组织出版这本书。全书包括综合、油气勘探、油田开发、采油工程与地面工程共 5 个部分，从各个方面反映了油田勘探开发各阶段的重要决策、主要理论与认识、重要成果以及配套技术的应用成果，展示了冀东油田科学技术的发展历程、技术进步与取得的丰硕成果，深刻揭示了“科学技术是第一生产力”这一科学论断在油田发展进程中的重大意义与作用。

《科学勘探 精细开发》是冀东石油人的劳动成果与智慧结晶，是十几年复杂断块油田勘探开发实践历程、经验和成果的高度概括，既成功解决了冀东油田本身的关键技术问题，又为复杂断块油田的勘探开发积累了成功经验。该书的出版对冀东油田今后的发展具有重要指导意义，对其他同类油田的勘探开发也具有参考和借鉴意义。

在庆祝冀东油田建成百万吨级油田并继续向更高目标进军的时刻，谨出版《科学勘探 精细开发》，献给为冀东油田发展做出过贡献的所有同志。祝愿冀东油田在今后的征程中继续努力，创新工作思路，大力发展勘探开发技术，实现更快更大的发展！



2004 年 11 月

冀东油田勘探开发形势与前景展望

冀东油田勘探开发的主战场为南堡凹陷，该凹陷位于渤海湾盆地黄骅拗陷北部，具有凹陷面积小、资源丰富、断层发育、储层变化大及地面条件复杂等特点。

经过 20 多年的勘探开发，在南堡凹陷陆地发现了高尚堡、柳赞、老爷庙、北堡等油田。至 2004 年底，累计探明石油地质储量超亿吨，建成百万吨原油生产能力，几代冀东石油人的夙愿成为现实。2004 年南堡滩海地区勘探工作取得重大突破，勘探开发前景广阔，揭开了冀东油田大发展的新的历史篇章。

南堡凹陷勘探开发的历程是一部持续更新思想观念、大力推进科技进步、不断深化地质规律认识与几代人艰苦创业的历史。

油田成立之初，相继发现柳南、柳北和高 104-5 等富集高产油藏，原油产量从 1988 年的 $18.8 \times 10^4 \text{t}$ 快速提高到 1993 年的 $41.7 \times 10^4 \text{t}$ 。但随着勘探工作的深入，勘探难度逐年增大，特别是“八五”中后期，勘探工作“山重水复疑无路”，连续三年没有大的发现，工作举步维艰。

进入“九五”后，面对有效勘探面积小、勘探领域少、勘探对象复杂的不利局面，冀东人及时转变观念、调整思路，立足于技术创新、整体研究，重新评价凹陷的勘探潜力，走精细勘探道路，开展二次创业。通过开展老区二次三维地震勘探与新区高精度三维地震勘探，加强地质综合研究，对凹陷的整体地质认识提高，勘探方向明确、领域扩大，储量年年大增长，特别是 2003 年和 2004 年南堡凹陷陆地连续两年新增三级储量超亿吨，为 2006 年陆地原油产量上 $150 \times 10^4 \text{t}$ 奠定了坚实的资源基础。尤其令人振奋的是，2004 年在南堡滩海奥陶系潜山与中浅层发现厚油层并获得高产油流，展示了良好的勘探前景，迎来了新的发展机遇。在储量大幅度增长的同时，通过精细地质研究深化认识、推广应用水平井等开发新技术，高效开发新油藏，科学调整老油藏，促进了开发水平的提高和操作成本的降低，良性开发的局面已经形成，2004 年原油产量突破 $100 \times 10^4 \text{t}$ ，2006 年实现年产原油 $150 \times 10^4 \text{t}$ 。

一、勘探开发形势

（一）坚持走精细勘探道路，勘探工作连续获得重大突破，地质储量持续大幅度增长，为油田实现跨越式发展奠定了坚实的物质基础

1. 主要工作

1) 大胆探索，精心论证，攻克难关，开展二次三维地震勘探

为了改善地震资料品质，解决制约油田勘探发展的“瓶颈”问题，通过充

分论证,在二维地震攻关试验基础上,首先在老爷庙地区开展了二次三维地震勘探,资料品质明显改善,构造格局清晰、圈闭落实,新增探明石油地质储量 $1500 \times 10^4 \text{t}$,结束了其“有油无田”的历史,也为其他地区提高地震资料品质、开展二次三维地震提供了宝贵的经验。此后继续解放思想,相继在油气资源丰富的高柳地区开展二次三维地震勘探,基于新资料的研究,高柳地区的整体构造格局发生了巨大变化,产生了一系列新的地质认识,不仅石油地质储量大幅度增加,而且为开展岩性油藏勘探创造了有利条件。

2) 突出重点,加快准备,在南堡滩海开展高精度三维地震勘探,实现资料连片

2001年收回南堡凹陷海域部分探矿权之后,根据陆地精细勘探经验,加大了勘探前期准备工作的力度,开展了大规模的地震勘探。近三年来,在滩海地区整体部署分批实施了三维地震 1058km^2 ,实现了南堡滩海高精度三维地震连片,为南堡滩海的勘探突破奠定了坚实的基础。

3) 注重技术,勇于实践,在南堡凹陷开展 2400km^2 三维连片叠前时间偏移处理、解释

为了开展南堡凹陷的整体认识,为了加快滩海地区勘探、进一步扩大勘探成果,为了深化陆地老区勘探、实现陆上勘探的持续发展,2003年开始,油田开展了 2400km^2 三维连片叠前时间偏移处理。此项工作的开展,对于全面评价南堡凹陷斜坡带和洼陷区岩性油藏的勘探潜力,全面展开岩性油藏勘探,推动勘探工作向纵深发展,具有重要的现实意义。

4) 加强前期,加大力度,积极开展凹陷综合地质研究与整体地质评价

近年来,随着冀东油田的快速发展,油田加大了勘探前期研究的力度,加大了对南堡凹陷的区域研究与整体评价。重点开展了“南堡凹陷盆地热演化与成藏动力学研究”、“南堡凹陷油气资源评价”、“南堡凹陷层序地层学研究”等多项基础研究,以及全凹陷浅—中—深三套层系的地质评价与有利目标优选和前期研究工作,这些研究成果为油田勘探规划、部署和井位落实提供了有力的保证。

5) 深入研究,刻苦攻关,积极开展低阻油层形成机理研究和低阻油层判识技术攻关

冀东油田复杂的地质背景孕育了不同的油层类型,低阻油层就是其中重要的一类。近几年来,一直致力于低阻油层的测井解释研究,从岩心分析入手,研究形成机理,探索测井解释技术,通过大量的研究和实践,逐渐形成了低阻油层解释和综合判识技术,发现低阻油层,新增优质地质储量 $1500 \times 10^4 \text{t}$ 。

6) 立足陆地,积极进取,精心开展南堡凹陷精细勘探与岩性油藏勘探

开展精细勘探与岩性油藏勘探是富油凹陷高成熟区深化勘探的必由之路。面对复杂的勘探对象,通过走精细勘探道路,开展二次创业,重新认识和评价

勘探潜力，实现了油田勘探持续稳定发展。与此同时，在高精度二次三维地震勘探的基础上，以层序地层学理论为指导，开展岩性油藏勘探。通过实施精细勘探和岩性油藏勘探，优质储量快速增长，资源接替良性循环。

7) 开拓创新，拓展外围，积极开展外围新区勘探

在开展南堡凹陷精细勘探的同时，积极拓展洪泽凹陷等外围新区的油气勘探。在洪泽凹陷老井试油喜获工业油流，新井钻探有新发现，进一步拓展了冀东油田外围探区的勘探领域。

2. 重要成果

1) 南堡滩海勘探取得重大突破

(1) 奥陶系潜山获得高产油气流

南堡滩海潜山整体上是一个被一组北东向断层复杂化的单斜构造，与上覆沙河街组烃源岩直接接触，潜山裂缝发育，储集条件较好，油气成藏条件十分优越。

2004 年在南堡 2 号构造部署并钻探预探井老堡南 1 井，奥陶系 4035.19~4215.10m 井段裸眼测试，25.4mm 油嘴自喷，折日产油 700m³，日产气 16×10⁴m³（未经措施）。

(2) 中浅层明化镇组、馆陶组及东一段发现厚油层并获高产油气流

南堡 2 号构造上的老堡南 1 井在馆陶组、东营组和沙河街组测井解释油层 32 层 154.4m，射开馆陶组、东一段 2216.8~2508.2m 井段 5 层 20.4m，25.4mm 油嘴，日产油 253m³，日产气 2.2×10⁴m³，获得高产油气流。位于南堡 1 号构造上正在钻探的预探井南堡 1 井，中完测井解释油层 22 层 146.4m。根据老堡南 1 井、老堡 1 井和南堡 1 井的钻探及综合评价，南堡 1 号和 2 号构造初步预测石油地质储量 1.5×10⁸t。

2) 南堡凹陷陆地勘探取得重大成果

(1) 高南地区中、浅层精细勘探发现亿吨级油田

2003 年，利用高尚堡—柳赞高分辨率连片处理资料，在高南地区开展了精细构造解释、地震属性分析、储层反演与综合地质评价基础上，部署探井 8 口，均发现厚油层，新增三级储量超亿吨，为陆地增储上产提供了丰富的优质资源。

(2) 高柳地区岩性油藏勘探获得重要进展

利用高柳地区高精度地震连片处理成果，在层序地层学理论指导下，开展下第三系层序地层学研究，建立高层序地层格架，识别坡折带类型，划分体系域，识别储集体，开展石油地质综合评价，优选出有利勘探目标，通过 11 口井的钻探取得一批成果，特别是初步形成了适合冀东油田特点的岩性油藏勘探思路与方法。

(3) 西南庄断层下降盘浅层构造油气藏勘探取得重要成果

2004 年通过对西南庄断层下降盘三维地震资料处理、解释，在断层下降盘

浅层发现和落实了一系列断鼻构造，在其中的庙西断鼻和唐西断鼻分别钻探了庙 19×2 和南 38×1 两口预探井，取得了良好的钻探效果，新增预测石油地质储量 $1500 \times 10^4 \text{t}$ 。

3) 西南庄凸起中、古生界潜山勘探发现重要苗头

西南庄凸起中、古生界位于西南庄断层上升盘，与下降盘生油层通过西南庄断层相接触，成藏条件有利。2004 年在西南庄凸起钻探的唐 29×1 井和庙 42×1 井分别在中生界和古生界发现了良好的油气显示，凸起中、古生界勘探发现重要苗头。

4) 外围新区（洪泽凹陷）勘探取得重要发现

冀东油田取得洪泽凹陷探矿权以后，做了大量的前期研究与准备工作。通过老井复查，对管 1 井进行重新试油，获得日产 13.57m^3 的工业油流。洪泽凹陷突破工业油流关，打开了外围探区勘探的新局面。在此基础上，通过 414km^2 的三维地震勘探以及有利目标的优选与钻探，管 3、管 4 和管 5 井分别发现厚油层并获工业油流。在洪泽凹陷已初步形成 $2000 \times 10^4 \text{t}$ 级储量规模。

（二）坚持开展精细地质研究，深化认识，大力推广新工艺、新技术，科学地搞好开发，原油产量快速增长，开发水平不断提高，油田开发步入良性发展轨道

1. 全面实行勘探开发一体化管理，稳步推进油藏评价和原油生产能力建设，取得显著成效

大力降低勘探开发成本，努力提高经济效益是各油气田企业生存与持续发展的根本出路。“十五”以来，冀东油田认真分析了勘探开发现状，认为制约油田降低成本、提高效益和持续发展的主要因素，一是勘探领域局限，二是地面和地下条件复杂、开采难度大，三是勘探开发分开运行的管理方式不适应实际需要。因此，决定以改革勘探开发管理方式为突破口，确立了勘探开发一体化的管理思路，大力推行以勘探开发研究一体化、规划部署一体化、综合评价一体化为重点的管理办法，减少了重复工作，加快了勘探开发节奏，实现了投资的有效利用，提高了油田的整体效益。“十五”期间，累计新增探明石油地质储量将达到 $6000 \times 10^4 \text{t}$ 以上，储量可动用程度达到 100%，累计新建原油生产能力 $109 \times 10^4 \text{t}$ ，2003 年的百万吨产能建设直接投资比 1999 年下降了 5.5 亿元。

2. 大力推进精细油藏描述工作，深化地质认识，不断发现新的开发潜力，实现老油田增储上产

2000 年，根据油田开发工作部署，决定对主力开发区块陆续开展新一轮地质研究，深化认识，寻找潜力，改善稳产基础，不断提高开发水平。首先深入剖析以往地质研究思路与方法是否具有针对性和适应性；其次，全面评价当时开展研究工作的资料基础和主导技术发展水平对研究工作的影响；第三，认真分析研究对象的地质背景，调研相关学科与技术的发展现状，确立新一轮研究

工作的思路与方法。

浅层多油层油藏精细研究以主力油层顶面构造精细解释、油层综合复查和细分层系论证为重点,编制科学合理的开发调整方案,实现了高速、高效、高水平开发。中、深层油藏以层序地层学理论为指导,改变研究思路,突破思维定势,不断创新,发现了一批开发调整和滚动开发潜力目标。

“十五”以来,先后完成了柳南、柳中、柳北、高104-5、高南、庙北、南38等主力开发区块的精细油藏描述和方案编制工作,新建产能 $63 \times 10^4 \text{t}$,开发效果明显改善。柳南产量由 $8 \times 10^4 \text{t}$ 上升到 $20 \times 10^4 \text{t}$ 以上,柳中沙三₃产量由 $1 \times 10^4 \text{t}$ 上升到 $10 \times 10^4 \text{t}$,高104-5区块产量由 $10 \times 10^4 \text{t}$ 将上升到 $20 \times 10^4 \text{t}$,高南浅层原油产量将达到 $28 \times 10^4 \text{t}$ 。

3. 水平井技术在油田开发中得到规模推广应用,取得显著效益

冀东油田为渤海湾盆地典型的复杂断块油田,油水井多为深、斜井,钻采工艺难度大,勘探开发成本高。如何转变开发思路,应用新技术改变油田原油产量低、采收率低、开发成本高的状况,是冀东油田开发面临的重大课题。“十五”以来,冀东油田持续加大科技投入,充分应用新技术、新理论,油藏地质认识不断深化。2002年以来,油田果断决策,科学组织,大力推广应用水平井技术,不仅使水平井技术在冀东复杂断块油田开发中的应用实现了零的突破,而且应用规模迅速扩大。

至2004年底,实施水平井60口以上,累计建成 $35 \times 10^4 \text{t}$ 以上原油生产能力,油藏采收率提高5~10个百分点,日产油量是同期定向井的2~4倍。同时积极开展复杂结构井的研究和应用,2004年在高尚堡浅层油藏部署侧钻水平井9口、双分支水平井3口。目前侧钻水平井已完钻3口,投产初期日产油是同期定向井的2倍,双分支井正在实施。

通过几年的应用研究,还初步形成了一套适合冀东油田复杂断块油藏特点的水平井开发技术思路与方法,包括精细地质研究、水平井开发方案设计、水平井钻井地质与工程设计、水平井钻井过程控制、水平井工程质量控制、水平井录井与测井、水平井完井、水平井采油与生产管理、水平井动态监测、水平井控水稳油。

4. 地震技术在油田开发中的应用领域不断拓展、技术内容不断丰富,为油田精细开发奠定了基础

“十五”以来,通过在主力油田开展高精度二次三维地震勘探,获得一批高品质的地震资料,为充分发挥地震技术在油田开发中的作用奠定了基础。“十五”期间,根据油田开发工作的总体部署,大力应用三维地震资料目标高分辨率处理、精细构造解释技术、储层反演与预测技术,开展精细油藏描述、开发与调整目标区块评价、油藏评价与开发井位论证,还探索了四维地震技术在预测已开发油藏剩余油分布方面的应用。相继开展了高尚堡、柳赞、老爷庙、唐

海油田浅层(Nm, Ng)及高南、柳赞中深层(Ed—Es₃)三维地震资料高分辨率处理、构造解释与储层反演近500km²;高尚堡、柳赞、唐海沙三²⁺³油藏精细构造解释、储层反演与预测近400km²。在精细构造解释的基础上,对高南浅层、高104-5区块、高南中深层、柳南浅层、柳中浅层、柳北浅层、庙北浅层、唐海浅层8个区块开展了精细地质研究工作,并针对上述区块进行了开发与调整目标评价,编制了开发与调整方案。这些工作为提高研究水平、提高地质成果的可靠性和水平井钻井成功率奠定了良好的基础。

5. 提高采收率先导试验取得重要进展,特别是浅层天然水驱油藏边水调剖技术见到明显效果

面对冀东油田采收率水平低的状况,从1998年开始,油田开展了大量提高采收率技术研究和先导试验工作。油田采收率水平低的主要原因,一是浅层油藏储层非均质性强,边底水活跃,含水上升快;二是注水开发油藏因含油井段长,储层平面、层间非均质性严重,注入水单层突进,水驱储量动用程度低。针对冀东油田复杂的地质特点和开发状况,通过研究,筛选出边水调剖技术、微生物驱技术和“2+3”采油技术作为冀东复杂断块油田的提高采收率先导技术。2000年以来,冀东油田先后开展了高104-5区块边水调剖、柳13区块柳15-17试验井组微生物驱、柳16区块及高13断块“2+3”采油现场试验工作,均取得良好效果,特别是边水调剖技术取得突破性进展。在高北浅层高104-5区块取得了良好的应用效果。2000—2004年,高104-5区块实施三轮次边水调剖共24井次,累计增油约 6.23×10^4 t,2003年通过工业化推广应用,11口井进行边水调剖工作,区块开发效果明显改善,2003年底区块老井递减较2002年同期明显下降,自然递减从8.68%下降到-5.95%,综合递减从3.49%下降到-16.43%,区块采收率已提高了2个百分点以上。

冀东油区浅层油藏产油量占油田总产量的64%,因此,浅层油藏边水调剖技术的成功应用,对实现油田稳产具有重要的意义。

6. 积极发展完善采油工艺技术,基本满足了油田开发需要

一是人工举升技术由单井优化向区块整体优化发展,推广应用大泵、大排量双作用泵、螺杆泵、分载泵进行提液,满足了含水上升阶段油田稳产需要;二是在成熟应用“排、挡、防”配套防砂技术的基础上,推广运用了早期防砂技术,减少了重复作业,延长了检泵周期;三是大力推广深斜井两级三段和三级四段分注工艺技术,实现了高压差(35MPa)、长有效期(18个月以上),并在套变井上推广应用小直径封隔器,基本满足了油田注水区块开发的需要。

7. 污水生化处理技术的应用,取得了显著的社会效益和经济效益

冀东油田地处经济发达地区,是养殖业与农业发达区域,环境敏感,对环保要求高,随着油田上产,产液量大幅度上升,剩余污水量大幅度增加,采取回灌方式处理运行成本较高,污水处理制约了油田的发展。

为了降低污水处理成本,通过认真的调研和方案优选,确定了采用生化处理的方法处理污水。高尚堡联合站和柳一联污水生化处理站分别于2002年8月和2004年1月投产,出口水质达到了《污水综合排放标准(GB8978—1996)》的一级指标要求(其中主要控制指标:石油类 $\leq 5\text{mg/L}$; COD $\leq 100\text{mg/L}$)。日处理量为 15400m^3 左右,运行费用为0.4元/ m^3 。年节约污水回灌费1100万元。

8. 积极推广应用地面工程新的工艺技术,节能降耗效果显著

地面工程引进和推广变频调速装置、高效三相分离器和双驴头抽油机等一系列成熟的节能技术和高效设备,年节电 $2000 \times 10^4 \text{kW} \cdot \text{h}$ 以上、节约天然气 $180 \times 10^4 \text{m}^3$ 、减少油气损耗1700多吨。三大主力油田油气集输系统实现全密闭,油气损耗降至0.35%。注水系统形成了一套长供短注、增压注水的工艺模式,提高了注水系统的效率。在冷投技术、集输系统低温脱水技术、系统余热利用技术、防空火炬气回收技术的实验成功,为今后节能降耗、提高经济效益做了技术准备。

回顾近几年的勘探开发工作,之所以取得上述成果和认识,主要得益于科学的指导思想、正确的工作思路、先进的勘探开发技术、深入的地质研究、有效的勘探开发组织和精细的管理。

二、前景展望

当前,冀东油田的勘探开发已经进入了快速发展的时期。根据中国石油天然气股份有限公司领导对冀东油田勘探开发工作提出的“两个加快”的要求,我们在今后2~3年,要进一步加快南堡滩海的勘探步伐,要进一步加大南堡陆地的深化勘探的力度。继续解放思想,不断创新思路,坚持科学勘探、精细开发,实现冀东油田油气储量、产量的稳定增长。

勘探思路:立足南堡富油凹陷,依托高精度三维连片地震资料,对南堡凹陷的潜力和目标进行整体研究和评价,采用先进适用的勘探技术和行之有效的勘探方法,坚持科学勘探。努力加快滩海勘探,继续深化陆地勘探,不断拓展外围勘探,确保冀东油田油气勘探工作的持续稳定快速发展。

(一) 勘探方向、领域与目标

一是加快滩海勘探。立足“5大构造”:即南堡1号(南堡)、南堡2号(老堡南)、南堡3号(老堡)、南堡4号(蛤坨)、南堡5号(北堡西)。加快勘探步伐,在基本探明1号和2号构造,落实储量规模的基础上,加大勘探力度,全面开展3,4,5号构造的预探,力争更大发现。突出“三个层系”,即明化镇组、馆陶组,东一段和古潜山。注重“四个领域”,即潜山油藏、构造油藏、地层油藏和岩性油藏。通过上述工作,到2010年力争实现 $2 \times 10^8 \text{t}$ 新增探明石油地质储量的工作目标。

二是深化陆地勘探。立足南堡凹陷陆地的4个构造:高尚堡、柳赞、老爷

庙和北堡构造；展开岩性油藏勘探，强化凹陷周边中、古生界潜山油藏勘探，深化构造油藏勘探，保持储量稳定增长，满足年稳产 $150 \times 10^4 \text{t}$ 原油的需要。

三是拓展外围勘探。立足洪泽凹陷管镇、顺河集地区，积极开展精细勘探。突出陡岸带和缓坡断裂构造带的勘探；突出两个领域，陡岸带岩性油气藏和缓坡带构造油气藏的勘探。通过实施勘探开发一体化，进一步实现规模储量和效益产量。

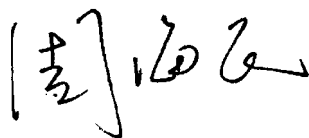
（二）开发思路及发展目标

继续实施精细开发，大力推广应用开发新技术、新工艺，确保冀东油区在“十一五”末原油产量达到 $350 \times 10^4 \text{t}$ （陆地 $150 \times 10^4 \text{t}$ ，滩海 $200 \times 10^4 \text{t}$ ）。

（三）主要措施

南堡凹陷陆地通过不断深化地质认识，确保新增探明储量持续稳定增长；加强开发方案研究，有效指导复杂断块油藏的精细开发；加快重点技术攻关进程，大力推广应用新技术，为提高开发水平提供技术保障。主要是中深层、深层油藏有效开发的配套技术，浅层油藏控水稳油配套技术，各类复杂油藏水平井开发配套技术攻关，不断提高开发地震技术的应用水平。2006年原油产量达到 $150 \times 10^4 \text{t}$ ，并保持较长时间稳产。

南堡滩海通过坚持优化、简化、高效发展的方针，整体部署，整体规划，分期实施。加强前期研究与论证，优化方案，降低风险，提高效益。合理划分层系，稀井网高效开发，初期采油速度 2.5%，适度稳产。水平井与定向井结合，以水平井为主开发。立足天然能量开发，节省投资，降低成本。全面准备滩海地区勘探开发配套技术，建立新的管理模式，培养技术与管理骨干，为实现海上目标提供技术、组织与人才保障。



2004年11月

目 录

采 油 工 程

定向井有杆泵优化设计技术研究	金明权 陈仁保 李远超 陈伟君 (3)
采油方式综合评价系统的研究与应用	陈仁保 (13)
高 104-5 区块高含水期稳产配套技术	汤井会 李良川 孙成林 张立民 吴 均 (20)
抽油井杆管防偏磨研究	韩 明 倪宝群 (28)
冀东油田套管损坏机理及防治措施研究	杨良杰 王喜茂 崔占东 孙淑东 陈伟君 (38)
抽油井躺井预警研究	毕宏勋 吴晓东 李远超 陈伟君 (48)
高侧 63 井侧钻钻井实践	张玉楼 赵恩军 姜增所 张青振 张 涛 (67)
冀东油田主力开发区块优质入井液的研究	李良川 孙桂玲 徐建华 路海伟 孙红桃 (77)
冀东油田化学解堵工艺技术	李良川 张绘宏 徐建华 吴 均 孙红桃 (91)
高 104-5 区块稠油油藏螺杆泵提液技术	孙成林 毕宏勋 彭丙军 常仁光 董金素 周秀芬 (99)
浅层油藏水平井采油配套技术	张立民 汤井会 (108)
双作用泵提液技术在冀东油田的应用	孙成林 彭丙军 董金素 周秀芬 付慧玉 (114)
冀东油田套损井修复工艺技术	刘亮钊 杨良杰 孙淑东 (119)
对酸化后采出原油的脱水分离	倪 银 张 强 韩 霜 (128)
随管柱压力监测技术	邓均健 李广永 张彤林 (131)
冀东油田多级分注工艺技术	李建强 张立民 宋显民 (141)
冀东油田油井清防蜡剂、原油降粘剂的研究与现场应用	陈伟君 韩 霜 (148)
注水井井口测压新技术在冀东油田的应用	董家东 邓均健 (155)
空心抽油杆电加热技术在唐 2-1 区块的应用	谢宝财 王 权 杜淑娟 李启清 (159)
非酸解堵技术在高 104-5 区块的应用研究	李拥军 张绘宏 孙小强 李东民 顾立民 (165)
冀东油田疏松砂岩油藏出砂机理及出砂预测方法	梁 超 张立民 李建强 朱好阳 宋颖志 (169)
疏松砂岩油层主要防砂技术研究及应用	宋显民 马桂芝 张立民 梁 超 乔永新 (178)

高 104-5 区块采油工程方案编制及实施效果

..... 殷彩霞 汤井会 李良川 孙成林 付慧玉 (185)	
冀东油田中深层注水井调剖技术	李 巧 李良川 吴 均 秦东升 (193)
柳北沙三 ³ 油藏开发与调整采油工程方案设计	
..... 罗冬香 汤井会 孙成林 殷彩霞 付慧玉 (198)	
新型水玻璃单液法硬性堵剂研究及应用	
..... 李占联 李良川 李 巧 孙桂玲 李怀新 (208)	

地 面 工 程

PLC 控制在国产油气处理装置中的应用	张国旗 李建华 赵宗山 (215)
原油流动改进剂在冀东油田的研制与应用	金明权 王长军 张 强 倪 银 (218)
冀东油田含油污水生化处理技术应用	金明权 范廷骞 贺廷昭 (222)
冀东油田提升五大系统效率研究及实施	刘树义 毕宏勋 常仁光 梁 辉 (234)
集输系统不停产旋流除砂器优化设计	刘树义 廖志斌 赵其新 李德龙 (267)
开拓创新 全面提高油田地面工程技术水平	陈仁保 王长军 钱增桐 (272)
浅谈石油企业危害辨识、评价与控制	朱秉怡 杨平原 宣美菊 (296)
油田电网故障分析及防范措施	李建安 (300)
相变换热技术在油气集输加热设备中的应用	杨洪升 毛恒轩 (306)
高效三相分离技术在原油脱水中的应用	范廷骞 王建华 李树青 李瑞莲 (313)
青龙河管道跨越工程施工方法	张建文 (319)
冀东油田污水处理技术现状及今后攻关方向	贺廷昭 范廷骞 李瑞莲 (324)
遥感技术在冀东油田地面工程的应用	李建华 陈仁保 周灿灿 (336)
冀东油田腐蚀与防护技术研究及应用	李维贤 刘树义 (349)
油气处理综合技术的应用	张永东 张春刚 刘春江 李彩霞 (358)
硬质聚氨酯泡沫塑料防腐保温管道(夹克保温管)电热熔缩复合补口技术	
..... 赵其新 马向前 马起鏊 李 健 李文清 (376)	
规范运作 不断提高油田地面工程项目管理水平	李凯双 刘树义 (381)
综合节能技术在油井生产中的研究和应用	朱福金 陈茂谦 陈立忠 (387)
提高天然气轻烃回收装置经济效益的改造实践	华劲松 (394)
冀东油田油气密闭集输技术改造	廖志斌 刘树义 (403)
庙一南输油管线冷投工艺计算	廖志斌 王长军 曾华昭 (409)
提高轻烃回收率技术的研究与应用	张春刚 焦向军 赵宗山 (414)
抽油机齿轮油的润滑失效原因分析	曹双伏 贾万瑾 皇甫风芝 张兴京 (423)
浅述房屋建筑工程、市政基础设施工程与石油石化工程竣工验收的区别	
..... 谭建祥 李凯双 宋合林 (430)	
冀东油田原油含水测定方法研究	贾万瑾 赵小平 娄亚丽 陆静华 郑 贞 (435)
冀东油区公路改建工程拓宽技术与施工	李新贵 吴旺宝 (444)

采 油 工 程

定向井有杆泵优化设计技术研究

金明权¹ 陈仁保² 李远超³ 陈伟君²

(1 中国石油冀东油田分公司; 2 中国石油冀东油田采油工程处; 3 石油大学(北京))

摘 要 本文就是针对定向井有杆泵采油设计进行了研究, 重新整理了优化设计的设计思路, 建立了定向井有杆泵采油设计模型, 新模型考虑的问题更加全面、实用性更强。经过在冀东油田现场实例的验证, 其最大、最小载荷的计算结果与现场实测结果吻合较好, 证明了“定向井有杆泵优化设计技术”软件所采用的数学模型及设计方法是科学的、可靠的, 软件本身具有较高的准确性, 可以用于冀东油田定向井有杆泵采油设计与分析。

一、概 述

有杆泵抽油是石油工业中传统的采油方式之一, 在我国石油开采工业中一直占主导地位。在我国各油田的生产井中大约有 80% 使用有杆抽油技术, 而且目前这些数字都呈上升趋势。冀东油田位于河北省唐海县、滦南县境内, 油田所在地水网纵横, 给油田钻井带来很大难度, 目前冀东油田的生产井几乎都是定向井, 随着定向井数量的增多, 定向井有杆泵采油设计就显得越来越重要。

定向井有杆泵井的生产参数优化设计是管理有杆泵井重要的配套技术, 近十几年来为我国各油田的稳产、增产起到了重要的作用。目前虽然取得了一些成果, 但尚存在许多不足之处, 定向井的生产工况分析和设计是目前亟待解决的问题。本文就是针对定向井有杆泵采油设计进行了研究, 重新整理了优化设计的设计思路, 建立了定向井有杆泵采油设计模型, 新模型考虑的问题更加全面、实用性更强。

二、优化设计的原理与方法

(一) 优化设计的整体思路

有杆泵井优化设计的原则是在安全生产的前提下, 使井筒的排液能力与地层的供液能力相匹配(图 1), 最大限度地发挥油层和设备的潜力, 使之达到最佳目标。有杆泵井的优化设计主要包括抽汲参数(泵径、冲程、冲次)的优选和抽油设备(主要指杆柱结构)的选择。优化目标的多样性、影响因素的相互关联性以及参数变化的间断性导致了设计过程的复杂性。常见的设计方法有定产量设计、专家系统以及模糊数学寻优等, 这些方法都是由于受到计算机计算能力的限制, 把设计者或专家的经验融入方案的选择过程中, 在某些情况会导致理想的方案没有被设计出来。本软件中把产量和泵效作为优化目标, 利用权重把两者结合

第一作者简介: 金明权, 男, 1989 年毕业于江汉石油学院采油工程专业, 高级工程师, 现任中国石油冀东油田分公司副总经理。

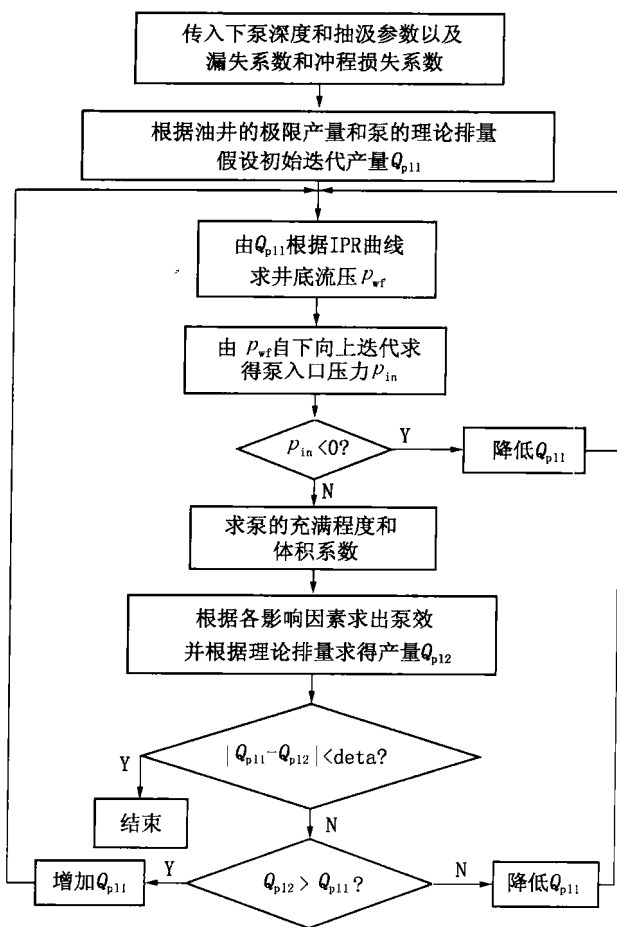


图 1 产量拟合过程过程框图

起来作为目标函数，设置不同的权重就可以设计出兼顾两者或有所侧重的方案来。由于目前计算机的主频和内存容量的提高，计算机的运算速度越来越快，在抽汲参数和下泵深度的组合上采用了枚举法。因为在计算时先略后详，各种参数的变化范围可以人为控制，使得选择的过程中不会漏过每一个可能的方案而计算时间又相对较短。

(二) 定参数拟合

本设计方法的核心就是在指定泵深和抽汲参数的情况下如何求出在这种条件下的产量等参数。实际上在泵深确定时产量的大小影响流压，从而影响泵的入口压力，使泵的充满程度随之变化，而充满程度的变化又会反过来影响产量。

(三) 不同设计方法的实现

本软件主要有五种设计方法：等强度设计、原杆柱设计、指定产量设计、指定参数设计和指定冲程冲次设计。

1. 按等强度设计

按等强度原则设计就是抛开现用的杆柱，重新选择抽油杆、抽油泵和下泵深度。当然杆的种类也可重新选定，可以选择普通杆或加重杆。这种设计方法

要计算的方案多，计算速度会受到一定的影响，为尽量节省设计时间，主要采取了以下措施：

(1) 计算精度按照“先低后高”的原则。在计算所有方案并向操作者提供选择列表的时候，降低迭代计算的精度要求以减少迭代的次数。在用户选定方案后再针对具体的方案提高计算精度重新进行计算。这样在保证最终设计结果精度要求的情况下节省了设计的时间。

(2) 在设计之前，用户可以在系统选项中进行设计深度范围和泵径范围的选定。这样可以根据设计人员的经验和现场设备的情况抛开一些与实际应用不相符的方案，使设计过程加快。

(3) 每个方案之间的下泵深度步长也可以设定，使得在较大深度范围内可加大步长以找出规律、在较小的深度范围内采用减小步长以求得最佳的方案。这样就不至于使深度范围得大小过多影响计算速度。

2. 按原杆柱设计

按原杆柱设计就是原杆柱不变、泵不变，只是改变抽汲参数的设计方法，适合于调参设计。这种设计方法与等强度设计的不同在于下泵深度固定、泵固定、不用设计杆柱（只是校