



采油工程技术新进展

CAIYOU GONGCHENG JISHU XINJINZHAN

张 毅 主编



中国石化出版社

采油工程技术新进展

张 毅 主编

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

采油工程技术新进展/张毅主编.
—北京:中国石化出版社,2005
ISBN 7-80164-898-6

I. 采… II. 张… III. 石油开采-新技术
IV. TE35-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 108511 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

河北天普润印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 16.75 印张 418 千字
2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

定价:58.00 元

《采油工程技术新进展》

编 委 会

主 编：张 毅

副主编：汪庐山 马洪兴

编 委：(按姓氏笔画)

王世虎	王民轩	王志敏	申 强	刘艳杰
汪卫东	李希明	李爱山	李继勇	陈泽江
贾庆升	唐高峰	董学让	蔡庆俊	

编 写 人 员

第一章：	张俊清	李 蓉	徐文庆	罗 燕	吴家松	陈文秋
第二章：	范春宇	丁晓芳				
第三章：	马 收	杨同玉	黄 波	鞠玉芹		
第四章：	唐功勋	邵红云	郑 健	赵 玲		
第五章：	智勤功	朱彩虹	衣春霞	邓广渝		
第六章：	曲 丽	范海涛	王作青	王秋霞	李友平	
	李啸南					
第七章：	刘殷韬	申 强	孙宝全	任厚毅		
第八章：	宋永亭	赵风敏	高光军	陈 勇		
第九章：	田玉芹					
第十章：	皇甫洁	梅明霞				
第十一章：	叶金胜	杨 洁				
第十二章：	崔巨师	肖驰俊	史爱萍	靳彦欣		

前 言

胜利油田已经走过了 40 多年的开发历程，目前是我国第二大原油生产基地，是中石化上游发展的龙头。采油工程作为油田开发链条中的重要环节，为油田开发水平的提高发挥了举足轻重的作用。

胜利油田油藏类型多、构造复杂，可归纳为整装构造油藏、中高渗透断块油藏、低渗透油藏、特殊岩性油藏、稠油断块油藏及海上油藏 6 种类型，堪称地质大观园，这对采油工程技术的先进性、适应性提出了很高的要求。为提高油田勘探开发工艺技术水平，勘探开发初期，油田成立了井下新技术研究大队，这正是今天胜利油田采油工艺研究院的前身，胜利油田采油工艺技术研究从此揭开序幕。伴随着油田的发展，胜利采油研究院目前已发展成为科研基础设施齐全、科技攻关队伍结构合理、采油工艺技术水平全国领先的研究单位，研究、发展并形成了一整套具有胜利特色的机械采油、分层注水、压裂酸化、堵水调剖、稠油开采、浅海采油、油水井防砂等配套技术，建立起了满足开发要求的采油工程技术系列。

近年来，随着油田进入“三高”开发阶段，老区多种矛盾并存，新区条件更加苛刻，在严峻的开发形势下，广大科技人员针对各类油藏的开发特点和矛盾，进一步加大科技攻关的力度，在稠油、低渗、浅海和高含水油田开采技术方面，取得了多项新的技术突破，主导工艺技术进一步成熟完善，整体技术水平得到大幅度提升，为油田上产稳产发挥了不可替代的支撑作用。

2005 年，胜利采油研究院迎来了建院以来的第 40 个年头，在年初讨论庆祝建院 40 周年纪念活动时，很多同志建议继胜利油田《采油工艺研究院志》编撰出版之后，应仔细整理、总结归纳近年来胜利采油研究院在采油工程技术方面取得的成果，编撰一部《采油工程技术新进展》，作为全院科技工作者对建院 40 周年的一份厚礼。4 月初在管理局副总师、院长、本书主编张毅同志主持下，副院长汪庐山、副总师马洪兴具体组织，成立了由各专业技术带头人为主组成的编撰领导小组，经多次讨论，拟定提纲，开始撰稿。从 2005 年 6 月到 8 月，编撰领导小组先后组织了三次审稿会，经过充分讨论，各章节反复修订，8 月底完成了全部内容的编写，马洪兴同志对全书进行了修订和统稿。最后，张毅同志组织有关人员进行了审阅和定稿。

本书的编撰是一个集体创作的过程，凝聚了全院科技人员的智慧和心血。全院九个主力科研单位六十多位科研人员参与了资料收集、整理和撰写工作，在时间紧、任务重的情况下，他们不辞辛苦、严格要求、一丝不苟，尤其是对一些重要成果和新的技术思路，进行了很好的总结和提炼。在本书出版之际，向他们表示衷心的感谢。同时，在编写过程中，参考了大量的文献资料，其中一部分已在各章的参考文献中列出，在此，向所有这些作者致谢。

本书展示的是近年来采油工程技术的主要进展及国内外技术发展的趋势，相信对采油工程技术的进一步发展有较好的借鉴作用。限于时间和作者水平，本书的编写不可避免地存在局限性，敬请读者批评指正。

目 录

第一章 机械采油技术	(1)
第一节 抽油系统优化设计技术	(1)
第二节 特种抽油泵	(6)
第三节 分层采油配套技术	(11)
第四节 防偏磨配套技术	(17)
第五节 机械采油技术发展趋势	(22)
参考文献	(24)
第二章 分层注水技术	(25)
第一节 细分注水技术	(25)
第二节 分层防砂注水技术	(31)
第三节 同井采水注水一体化工艺技术	(32)
第四节 分层注水配套工艺技术	(34)
第五节 分层注水技术发展趋势	(39)
参考文献	(40)
第三章 压裂酸化技术	(41)
第一节 整体压裂改造优化设计及配套技术	(41)
第二节 砂岩双重介质储层压裂技术	(51)
第三节 潜山油藏多级交替注入闭合酸压技术	(59)
第四节 压裂酸化新材料	(65)
第五节 压裂酸化技术发展趋势	(70)
参考文献	(72)
第四章 堵水调剖技术	(75)
第一节 渗透率场预测技术	(75)
第二节 中、高渗透油田高含水期深部调剖工艺技术	(80)
第三节 注聚区块调剖工艺技术	(85)
第四节 海上油田调剖工艺技术	(95)
第五节 堵水调剖技术发展趋势	(99)
参考文献	(102)
第五章 防砂技术	(103)
第一节 出砂机理及出砂预测技术	(103)
第二节 防砂方法选择及效果评价	(106)
第三节 挤压充填防砂技术	(111)
第四节 压裂防砂技术	(115)
第五节 防砂技术发展趋势	(121)
参考文献	(124)

第六章 稠油开采技术	(126)
第一节 注蒸汽热采技术.....	(126)
第二节 氮气泡沫封堵调剖技术.....	(138)
第三节 稠油井化学降粘技术.....	(140)
第四节 火烧油层.....	(142)
第五节 稠油开采技术发展趋势.....	(148)
参考文献.....	(151)
第七章 浅海采油技术	(152)
第一节 油井安全生产配套技术.....	(152)
第二节 分层防砂分层注水配套技术.....	(156)
第三节 毛细管测压技术.....	(160)
第四节 浅海采油技术发展趋势.....	(163)
参考文献.....	(165)
第八章 微生物采油技术	(166)
第一节 外源微生物采油技术.....	(166)
第二节 内源微生物采油技术.....	(175)
第三节 油藏微生物分子生态技术.....	(180)
第四节 油田污水生化处理技术.....	(184)
第五节 含油泥砂生化处理技术.....	(187)
第六节 微生物采油技术发展趋势.....	(190)
参考文献.....	(191)
第九章 交联聚合物调驱技术	(192)
第一节 交联剂及交联机理.....	(192)
第二节 交联聚合物体系性能评价技术.....	(195)
第三节 交联聚合物动态交联规律.....	(197)
第四节 交联聚合物数值模拟技术.....	(200)
第五节 交联聚合物调驱技术应用.....	(207)
第六节 交联聚合物调驱技术发展趋势.....	(213)
参考文献.....	(214)
第十章 复杂结构井开采技术	(215)
第一节 水平井完井采油工艺技术.....	(215)
第二节 侧钻水平井完井工艺技术.....	(220)
第三节 分支水平井完井采油工艺技术.....	(223)
第四节 复杂结构井开采技术发展趋势.....	(227)
参考文献.....	(229)
第十一章 修井作业技术	(230)
第一节 油水井不压井作业技术.....	(230)
第二节 旋转自封封井作业技术.....	(231)
第三节 解卡技术.....	(232)
第四节 光纤井下视像测试技术.....	(236)

第五节	套管密封加固技术·····	(237)
第六节	套管修复井分采分注配套技术·····	(239)
第七节	国外膨胀管密封加固技术·····	(240)
参考文献	·····	(241)
第十二章	油层保护技术·····	(243)
第一节	水锁伤害处理技术·····	(243)
第二节	屏蔽暂堵技术·····	(246)
第三节	注蒸汽采油中的油层保护技术·····	(253)
第四节	油层保护技术发展趋势·····	(256)
参考文献	·····	(257)

第一章 机械采油技术

随着油层能量的降低和含水的升高，绝大多数油井在经过短暂的自喷采油期后便转入机械采油阶段，因此机械采油是将地层原油举升至地面的重要手段。为了适应不同类型油藏的开发需要，在机械采油领域研究了系列新技术。针对特殊油藏开发特点，研究了长柱塞式防砂抽油泵、等径柱塞抽油泵、串联式抽稠泵等系列特种抽油泵及防偏磨配套技术、无油管采油技术、液动泵采油技术；为适应不同油井诸如深井、斜井、定向井、水平井及偏远井等特殊井采油工艺需要，研究了不动管柱换层采油工艺、侧钻井分采工艺、井下油水分离采油工艺等各种采油工艺技术；为提高整个机械采油系统效率，开发了螺杆泵井杆柱受力分析及优化设计技术、抽油机井举升工艺优化设计技术等系列抽油系统优化设计技术。

第一节 抽油系统优化设计技术

随着油田开发生产的不断深入，油藏特征和油井结构也日趋复杂和多样化，已有的油井生产设计方法和各类工艺措施的设计技术已不能满足生产的需要。近年来开发或合作开发了相关的抽油系统优化设计软件，这些软件在有杆泵优化设计、诊断及效果评价各环节中发挥了相当大的作用。

一、生产井、作业井管柱受力及温度场分析技术

该套软件采用先进的理论计算模型，通过对油水井生产或作业工况的分析，可以完成整个生产或作业各种工况条件下的流体、油管、环空、套管、水泥环及地层等在任意时间、任意深度时的温度场分布计算，在此基础上完成对生产作业管柱的受力分析，为整个生产作业提供安全上的保证。

1. 系统组成及功能

1) 管柱受力分析

(1) 以 Lubinski 等人的理论为基础，在一系列公式的推导中进行了理论上严格的推证。

(2) 取消了以往文献中在指定提拉力坐封力的伸长计算中的迭代计算，使计算时间大大减少。并可得到任意坐封力的变形和应力分布。有利于确定管柱的提拉力或坐封力以及密封管的长度。

(3) 完成了双封隔器包括液压封隔器的计算。是有关软件所不具备的。

(4) 推导了管柱任意段长的受力变形计算模型，可与温度场的计算相配合，更精确地确定温度效应的影响。

(5) 可以求解任意截面上的危险点的组合应力、弯曲应力和轴向应力。

2) 采油多工况作业井筒温度分布

(1) 井筒温度场计算目的是用于确定竖直井筒在注入和返出过程中，油管内、油管壁、环空内、套管壁、套管外泥浆或水泥环以及地层区域的温度分布。

(2) 为了精确求解井筒温度场，进行真三维空间轴对称问题求解。这种假设比以往许多文献的计算假设要精确。

(3) 有限单元法在空间区域问题上具有明显的优势。因而采用精度高的等参数单元进行空间域的离散。

(4) 必须考虑采油工艺操作中多工况下，在每一个工艺过程中，向井内注液和返出的多个工况过程，井筒温度场的计算必须考虑上一过程对下一过程的影响。在采油作业各工序连续进行时，上一工序的结束温度条件是下一工序的初始条件。计算初始状态的温度为地层温度。

2. 应用情况

该软件在胜利油田商 741 区块、车古 204、渤深 6、塔河油田等区块的开发及完井投产设计中得到了较好的应用。塔河三号采油工程方案、塔河三、四区试验评价、塔河四号试验区先导试验及坨七区块中应用了该软件，并取得了良好的效果。图 1-1、图 1-2 为塔河油田 TK423 井酸压施工管柱温度场及管柱受力计算结果，由结果可以看出管柱强度小于其强度等级(N80 油管为 550MPa)。

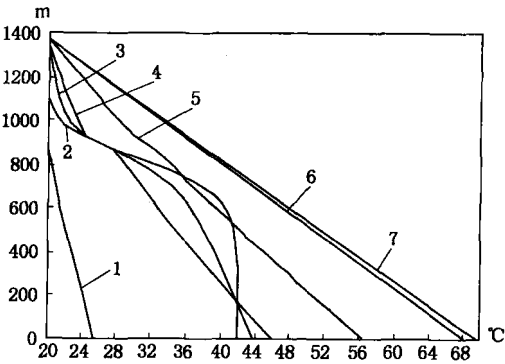


图 1-1 管柱温度场分布图

1—油管中心温度；2—油管壁温度；3—环空中心温度
4—套管壁温度；5—水泥环中心温度；
6—地层 1 中心温度；7—无限远地层温度

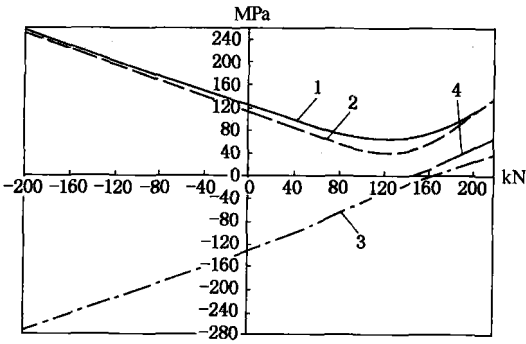


图 1-2 管柱受力分布图

1—油管内壁组合应力；2—油管外壁组合应力
3—管柱轴向应力；4—管柱弯曲应力

二、螺杆泵井杆柱受力分析及优化设计技术

该软件主要是针对螺杆泵的设计分析，能够完成井下驱动或地面驱动螺杆泵的设计分析，对实际生产井的现状进行分析预测，使得设计管理人员对其生产情况有一个总体认识。该软件偏重于机械力学，对螺杆泵受力分析较为透彻，而且有一个相对庞大的螺杆泵数据库，对其设计起到了很好的支持作用。该软件是世界上螺杆泵设计的经典软件。

1. 系统组成及功能

1) 油井井身轨迹设计：该软件可以通过设计倾角和方位角来进行生产井的轨迹设计，为后续设计提供精确数据；

2) 井下与地面设备的选择和评价：在进行系统设计时，软件能够提供安装设备的主要相关数据以供设计者参考；

3) 螺杆泵试验数据的分析：软件提供了目前世界上生产螺杆泵公司的常用螺杆泵试验数据，对用户选择的螺杆泵将其试验数据以图形的方式显示给用户以供分析；

4) 杆柱的载荷与疲劳分析：通过对产能情况的分析计算出杆柱在生产过程中的受力

情况；

5) 杆柱与管柱的接触载荷与磨损评估：软件可以提供生产过程中杆柱与管柱的磨损情况图以供设计者进行分析，以便采取相应的措施来控制磨损，延长检泵周期；

6) 生产优化设计：通过对设计者配套的生产系统进行设计，软件为设计者提供合理的设计建议，使设计者能够找到设计过程中的不合理部件进行修改；

7) 后期安全评估：该程序可以利用已经生产的螺杆泵井的作业、生产数据对其进行安全评估，确定设计的合理性及安全性。

2. 应用情况

在塔河三号采油工程方案、塔河三、四区试验评价、塔河四号试验区先导试验及胜利坨七区块中应用了该软件，并取得了良好的效果。

对塔河 TK418 井进行了生产情况分析，其泵挂为 951.5m，动液面在 874m 处，通过计算得出其杆柱的扭矩、轴向载荷、应力值及应力百分比，如图 1-3、图 1-4，可以看出，杆柱受力情况较好，但是考虑到生产井泵的最小沉没度一般要求在 150m，因此，TK418 井应该加深泵挂，考虑到螺杆泵的下深限制也可以换其他机采方式。

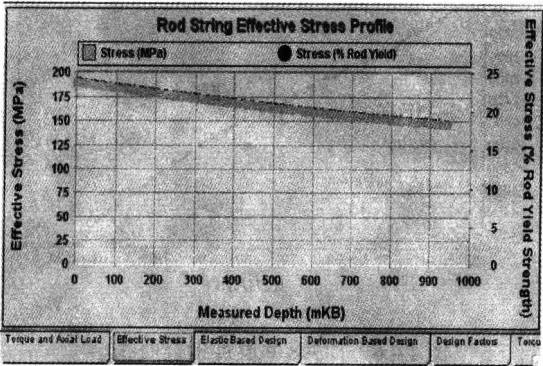


图 1-3 TK418 井有效应力图

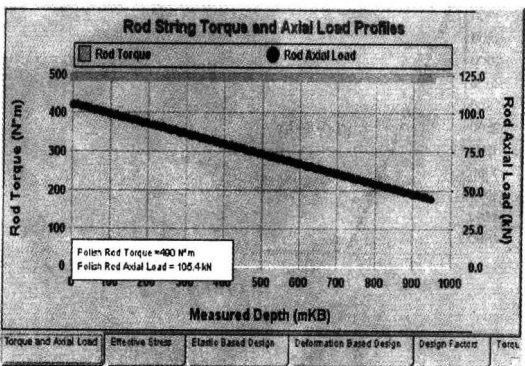


图 1-4 TK418 井扭矩及载荷图

三、油气生产系统的设计和分析模拟技术

该项技术是用于油藏、井筒和地面管网一体化模拟与优化设计分析系统。系统可通过对不同流体生产井油藏、井筒、地面条件的模拟、分析、优化，来完成单井的设计分析计算；通过对区块单井组合成的管网进行模拟、分析计算，从宏观上研究单井对整个管网的影响，从而提出对单井的治理措施。该软件与其他软件相比具有功能较完整，与油藏联系较紧密的特点，其管网环路设计及分支井的设计分析更具有其独特性。

1. 系统组成及功能

1) 单井/单管生产模拟与节点分析

(1) 地面集油(气)管网系统生产模拟分析。

(2) 地面注水管网系统压力模拟分析。

(3) 与 PIPESIM 结合的油藏 (IPR)、井筒、地面管网一体化油气生产系统压力温度模拟分析。

(4) 与 PIPESIM 结合的地面管网、井筒、油藏(吸水指数)一体化注水系统压力温度模拟分析。

2) 水平井及分支井计算模拟

(1) 计算评价水平井、多底井、多分支井不同水平段的沿程压力损失。

(2) 分析水平井、多底井、多分支井的生产能力，优化其参数设计。

(3) 均质和非均质水平井、多底井、多分支井的完井设计分析。

(4) 评价多底井、多分支井的各支流体流动之间的相互作用。

(5) 通过 FPT 将 PIPESIM 与 Eclipse 油藏模型动态连接。将油藏和油井同步模拟，保证了油藏和油井计算分析结果的一致性。

2. 应用情况

根据 PIPESIM 软件的设计特点及功能，进行了碳酸盐岩油藏水平井裂缝条数对水平井的产能贡献进行了研究。在区块采油工程方案编制设计中得到了较好的运用，并完成近 20 口的单井优化设计。

图 1-5、图 1-6 为塔河油田 TK308 井根据实测压力和温度进行的多相管流拟合曲线图，显示拟合结果与实测结果相接近，为后续的精确定分析奠定了基础。

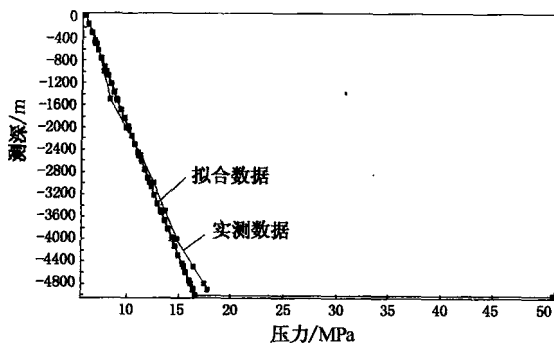


图 1-5 TK308 井压力拟合曲线

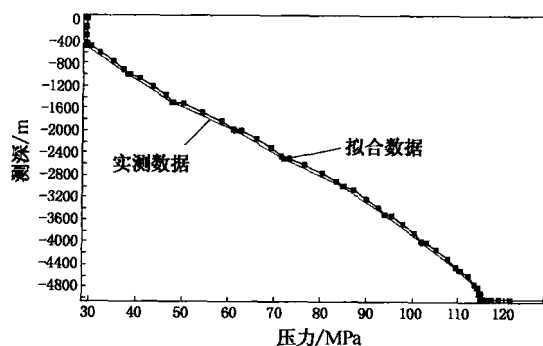


图 1-6 TK308 井温度拟合曲线

四、抽油机井举升工艺优化设计技术

该优化设计技术适用于有杆泵抽油井，与其他类似软件相比较，功能更为全面，在计算模块上针对开发中后期中高含水的油藏特征在油井流入动态的计算、井筒多相管流的计算和抽油杆柱力学分析三个方面作了修正与完善。

1. 油藏及井筒计算模型的建立与完善

1) 油井流入动态的计算

反映油井产量与井底流压相关关系的流入动态关系，是油井生产参数设计的依据和基础。本技术采用并修正了 Petrobras 油、气、水三相综合 IPR 曲线，来描述油井的流入动态规律，使得已知流压计算产量和已知产量计算流压两个过程的误差大幅减小。

2) 井筒多相管流的计算

Beggs 和 Brill 基于由均相流动能量守恒方程式得出的压力梯度计算方法，它将气液两相管流的流型归并为分离流、间歇流和分散流，并在分离流与间歇流之间增加了过渡流，采用了内插法计算。

基本方程：在假设气液混合物既未对外做功，也未受外界功的条件下，单位质量气液混合物稳定流动的机械能量守恒方程。

$$\frac{-dp}{dZ} = \rho g \sin \theta + \rho \frac{dE}{dZ} + \rho v \frac{dv}{dZ} \quad (1-1)$$

3) 抽油杆柱力学分析

与传统的抽油杆柱运动受力分析不同的是考虑了上托力的作用,并将其视为一个分布力进行杆柱力学分析与受力计算。

抽油杆柱上托力计算:

$$F_{\text{rxj}} = P_j \times (A_{\text{rj}} - A_{\text{rj+1}}) (j = 1, 2, \dots, m) \quad (1-2)$$

式中 F_{rxj} ——第 j 级抽油杆下端处所受的流体上托力, N;

P_j ——第 j 级抽油杆下端处所受的流体压力, Pa;

A_{rj} ——第 j 级抽油杆截面积, m^2 ;

$A_{\text{rj+1}}$ ——第 $j+1$ 级抽油杆截面积, m^2 ;

m ——抽油杆级数。

2. 地面工况指标的计算

建立常规游梁式抽油机各节点的运动规律模型、扭矩、功率、效率的计算模型,进行抽油机各传动部分的瞬时效率分析和电动机瞬时效率分析;研究抽油机井生产系统光杆示功图预测模型,建立抽油泵工作条件的各因素影响下的泵功图特征图集,利用 S.G.Gibbs 一维波动方程,预测各级抽油杆顶端及地面光杆示功图,进行抽油机井生产系统优化设计中系统效率的预测。

在数据输入模块中,为了进行地面系统效率分析,添加了电机数据管理模块。对抽油机、抽油杆、抽油泵和电机数据等抽油设备数据的管理采用了 DAO、ADO 和 Access2000 数据库技术。

3. 抽油系统优化设计框架

1) 系统组成

抽油机井生产系统是由油藏、井筒和地面三个依次衔接、相互影响,又具有不同流动规律的三个流动子系统以及采油设备子系统构成。

2) 设计与计算分析

数据准备模块:主要是利用数据文件对抽油设备(机、杆、泵等)特性数据、油井基础数据、流体物性参数以及油井生产资料进行管理,为软件的运行提供数据基础。

油井流入动态分析模块:可根据油井的不同类型的测试资料,利用 Petrobras 油气水三相综合 IPR(修正)方法,计算反映油井生产能力和工作特性的流入动态关系(IPR),是工况校核分析和生产参数优化设计的基础。

抽油机井生产系统工况校核分析模块:主要是对计算正常生产油井的 IPR、井筒流体温度、压力及物性分布;检查抽油杆柱的受力状况和安全性、分析泵效及其影响因素的影响程度、计算抽油机井地面工况指标和油井的系统效率及其组成等。

区块数据统计模块:主要是对整个区块各油井的校核结果、动杆柱设计结果、不动杆柱设计结果进行统计分析,并对区块方案优化结果和地面设备调整结果以表格形式输出。

地面系统效率分析模块:该模块的主要功能是:根据油井实测的地面示功图,对地面设备的动力学和运动学规律进行分析,计算各部分的瞬时效率和平均效率。

示功图预测模块:根据目前油井动杆柱和不动杆柱设计的参数,从泵端开始,利用 Doty 杆液耦合模型,预测地面示功图,进行目前设计参数条件下系统效率的预测分析。

抽油机井生产系统举升工艺参数优化设计模块：是在油井产能分析的基础上，进行举升工艺设备适应性分析和生产参数的优化设计，利用数值模拟(仿真)的思路，对油井生产设备和技术可行的各种生产配置的可能性进行全面计算分析，可根据油井生产需要及产能和设备条件进行系统效率或举升效率或泵效或定产量或产量最高的多目标结果选择。

数据传送模块：该模块的主要功能是：将机采系统计算的产量、井口温度、所需电量、功率因数、井口压力、含水、生产气油比、变压器等参数传送给集输、供电等系统。

3) 软件功能构成

主要包括工况校核、不动管杆柱调整分析、动管杆柱优化设计、敏感性分析、油井管理等。

4. 应用情况

从2002年9月至2003年8月，除注聚井以外，在胜利油田孤四区对作业油井进行了全面优化设计，收到了较为明显的效果，根据测试数据，井下效率平均提高11.77%，系统效率平均提高6.48%。

从2003年6月开始，在胜利油田其他区块应用该软件进行提高系统效率的优化设计，截至到目前，累计优化设计3000余井次。进行跟踪测试并取得有效对比数据57井次，机采系统效率由优化前的24.75%提高到优化后的27.60%，提高了2.85个百分点。预计年节电约 $300 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。增油、节约杆管材料及措施等间接经济效益年折算约人民币1000万元。

第二节 特种抽油泵

随着油田的开发，新的矛盾不断出现，疏松砂岩油藏油井含砂越来越严重，油井含水越来越高，稠油油藏有杆泵柱塞下行困难，吸入性能差。为了适应油田多种类型油藏的开发特点，要求抽油泵能适应不同含砂量、不同原油粘度、具有防腐耐磨性能等，为此研制了系列特种抽油泵。

一、长柱塞式防砂抽油泵

我国许多油田的含油地质结构比较疏松，井液中含砂较多，采用常规泵抽油经常发生砂卡、砂磨和腐蚀，使抽油泵过早失效，造成油井停产，作业频繁，原油的生产成本提高。针对上述情况国内外研究成功了双筒式防砂卡抽油泵、动筒式防砂抽油泵、旋转柱塞防砂泵等系列防砂抽油泵，其中，双筒式防砂卡抽油泵最为成功，防砂埋防砂卡性能优越，但它仍存在如下问题：自带泄油器，所以需配特殊连杆；易损件标准化程度差，检修较困难。长柱塞式防砂抽油泵是在双筒式防砂卡抽油泵基础上，将长柱塞、短泵筒与环空沉砂巧妙地结合在一起形成的一种新型的防砂抽油泵，该泵的技术关键是柱塞长、泵筒短，在整个抽汲过程中，柱塞上端始终处在泵筒之外，油井停抽时下沉的砂粒沿沉砂环空沉入泵下尾管而不会在泵上聚积造成砂埋。具有防砂卡、防砂埋、防砂磨、防腐蚀、寿命长等特点，能大大地延长油井免修期。在不砂埋油层的情况下，可实现携砂生产，其使用寿命比常规泵延长3~5倍，是目前国内较先进的适用于出砂油井的抽油泵。

1. 结构

长柱塞式防砂抽油泵采用长柱塞、短泵筒及泵下沉砂、侧向进油结构。主要由长柱塞、短泵筒、双通接头、沉砂外筒、进出油阀、水力连通式挡砂圈等零部件组成(见图1-7)。

2. 工作原理

该泵抽汲原理与常规泵相似。柱塞上行时：下出油阀与固定阀之间空间变大，压力降低，井液在沉没压力的作用下，经双通进油接头的侧向进油孔，顶开进油阀进入泵腔，柱塞上部的液体同时被举升一个冲程的高度；柱塞下行时：进油阀关闭，出油阀被顶开，进入泵腔的液体被迫经过柱塞到达柱塞上部完成一个工作循环。泵的内筒与外筒之间有一环形空间，是沉砂进入尾管的通道。双通接头下端连接沉砂尾管，用于储集沉积下来的泥砂。其防砂卡的工作原理就是借助挡砂圈及漏失液的共同作用，阻止砂粒进入柱塞与泵筒之间的密封间隙，从而杜绝了砂卡，减轻了泵筒与柱塞的磨损，使表面强化层不易被破坏。当油井停抽时，下沉的砂粒沿沉砂环空沉入泵下尾管，不会像常规泵那样在泵上聚积，避免了砂埋抽油杆。

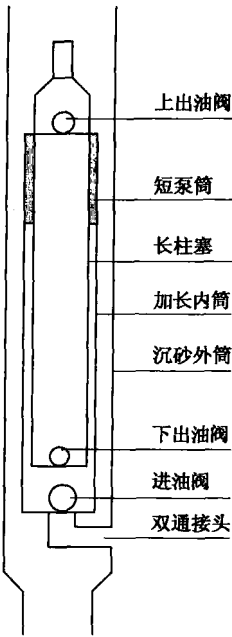


图 1-7 长柱塞式防砂抽油泵结构示意图

3. 技术特点

1) 防砂埋、防砂卡、防砂磨、耐腐蚀

该泵能在停泵时防止砂埋抽油杆，在工作时防止砂卡柱塞，特别是能有效地防止砂粒进入柱塞与泵筒之间的密封间隙，造成对泵筒与柱塞的强烈磨损。由于磨损减轻，柱塞及泵筒的表面强化层不易被破坏，保证基体不会直接与腐蚀介质接触，故在采用同样的表面处理工艺时，其耐腐蚀性能要优于常规泵。

2) 寿命长

在含砂油井上使用的抽油泵，其损坏形式均为阀或间隙漏失过大。砂粒对泵筒及柱塞的磨损是造成间隙漏失过大的主要原因，该泵能有效地防止砂磨，减轻腐蚀，故泵的使用寿命将大大延长。

3) 减轻杆管偏磨

由于该泵上出油阀始终暴露在泵筒之外，故出油阻力较常规泵小，下行时无阻卡，下部杆柱不易弯曲，杆管偏磨现象得到改善。

4) 使用维修方便

该泵使用过程中无特殊要求，所有的阀及阀罩均采用标准件，拆装方便，各采油厂的工具队均有能力维修。

4. 技术参数

长柱塞式防砂抽油泵技术参数见表 1-1。

表 1-1 长柱塞式防砂抽油泵技术参数

公称直径/mm	冲程/m	联结螺纹上/下	最大外径/ mm	总长/mm	间隙代号
38	2.1~5.1	2 $\frac{3}{8}$ TBG/2 $\frac{3}{8}$ TBG	100	4300~7600	1、2、3
44	2.1~5.1	2 $\frac{3}{8}$ TBG/2 $\frac{3}{8}$ TBG	100	4300~7600	1、2、3
56	2.1~5.1	3 $\frac{1}{2}$ TBG/2 $\frac{3}{8}$ TBG	110	4300~7600	1、2、3
70	2.1~5.1	4TBG/3 $\frac{1}{2}$ TBG	114	4300~7600	1、2、3

5. 应用情况

该泵适用于含砂量较高、用常规泵抽汲容易造成抽油泵砂卡、砂埋的油井，只要油层出

液，就可维持油井的正常生产。到目前为止已在胜利、大港、中原、冀东、辽河、青海等油田现场应用近 3000 井次，所应用的油井既有新投产井，也有常规出砂井、稠油出砂井和腐蚀性出砂井，为了检验泵的防砂卡、防砂埋的性能，还选择了防砂失败的油井及多次砂卡、用常规泵无法正常生产的躺井。经现场应用证明，该泵的防砂卡、防砂埋的成功率达 100%。据统计，油井的平均免修期比常规泵生产提高一倍以上。部分出砂严重的油井在采取防砂措施后，采用合理的工作制度，配套下长柱塞式防砂泵，提高了油井的综合防砂效果，延长了检泵周期，平均泵效提高 8.1%，泵最长生产周期达 941d。

二、等径柱塞抽油泵

国内外针对出砂油藏采用常规泵抽油经常发生砂卡、砂磨和腐蚀的问题，研究成功了双筒式防砂卡抽油泵、动筒式防砂抽油泵、旋转柱塞防砂泵、长柱塞式防砂泵等系列防砂抽油泵，各种泵都有其适应的含砂量范围及性价比。其中双筒式防砂卡抽油泵、动筒式防砂抽油泵、长柱塞式防砂泵适应含砂量较高的油井，泵制造价格较高；旋转柱塞防砂泵，只是使柱塞均匀磨损，并不能防止砂卡、砂磨柱塞。等径柱塞抽油泵是针对少量出砂油井存在砂卡泵柱塞、砂磨柱塞泵筒等问题，开发研制的一种性价比比较高的新型防砂卡抽油泵。该技术创新地设计了等径刮砂柱塞结构，并对抽油泵整体结构进行优化设计，实现了在与常规泵相比不增加加工成本的前提下，提高抽油泵的使用性能和可靠性，有效防止砂卡柱塞现象的发生，大大减缓柱塞与泵筒间的磨损，延长出砂油井高泵效生产时间。

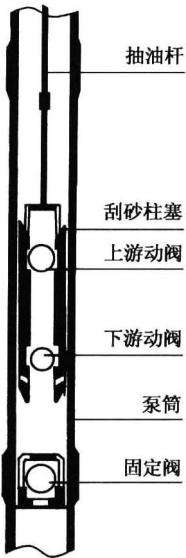


图 1-8 等径柱塞抽油泵示意图

该泵主要由泵筒、固定阀、等径刮砂柱塞总成等组成(见图 1-8)。等径刮砂柱塞上下均带有刮砂倒角，两套游动阀均埋藏于柱塞腔内部。

1. 结构

该泵主要由泵筒、固定阀、等径刮砂柱塞总成等组成(见图 1-8)。等径刮砂柱塞上下均带有刮砂倒角，两套游动阀均埋藏于柱塞腔内部。

2. 工作原理

该泵的抽汲原理与常规泵相同，都是通过柱塞的上下运动，改变泵腔内的压力，实现进油和排油。其防砂卡原理是通过下面方式来实现，上冲程时，柱塞上行，由于刮砂倒角的作用，可有效地将泵筒内壁附近的砂粒刮落于柱塞上游动阀上空腔内，消除了柱塞与泵筒之间由于砂粒的压实作用形成的硬性挤压摩擦力，所以能有效防止砂卡柱塞。下冲程时，不仅具有下行刮砂作用，而且随柱塞下行，相对于柱塞运动，排出的井液能将积存于柱塞排液口附近的少量的砂粒冲刷干净，以便在下一上冲程时保证柱塞工作于最佳的清洁环境，起到自动冲洗砂粒，防止砂卡柱塞的作用。

3. 技术特点

1) 防砂卡、防砂磨，有效延长油井生产周期

上冲程时，柱塞上行，由于刮砂倒角的作用，可有效地将泵筒内壁附近的砂粒刮落于柱塞上游动阀上空腔内，消除了普通抽油泵存在的柱塞与泵筒之间由于砂粒的压实作用形成的硬性挤压摩擦力，所以能有效防止砂卡柱塞。由于等径柱塞抽油泵不允许大砂粒进入密封间隙，只有少量比密封间隙还小的粉细砂进入其中，因此，由于砂粒进入抽油泵密封副的几率减少，砂粒对泵筒及柱塞的磨损将显著减轻，所以，能最大限度地延长柱塞、泵筒的使用寿命，从而延长油井的生产周期。