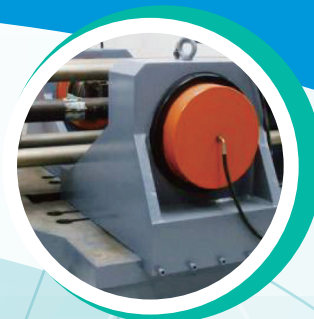




采油采气工程优化设计 与决策支持系统PetroPE

2016年



中国石油天然气集团公司科技管理部



中国石油 PetroPE

——油气井的好管家

目 录

1

简 介 / 4

2

特色技术 / 6

3

典型案例 / 13

4

科研装备 / 17

5

资质与标准 / 18

6

专家团队 / 19

7

服务与培训 / 22



中国石油天然气集团公司（简称“中国石油”，英文缩写：CNPC）系国家授权投资的机构和国家控股公司，是实行上下游、内外贸、产销一体化、按照现代企业制度运作，跨地区、跨行业、跨国经营的综合性石油公司，主要业务包括油气业务、石油工程技术服务、石油工程建设、石油装备制造、金融服务、新能源开发等。中国石油天然气集团公司 2015 年国内外油气产量当量 2.6 亿吨，原油加工量 1.96 亿吨，成品油销售量 1.74 亿吨，天然气销售量 1290 亿立方米。

2015 年，中国石油在美国《石油情报周刊》世界 50 家大石油公司综合排名中位居第 3 位，在《财富》杂志全球 500 家大公司排名中位居第 4 位。

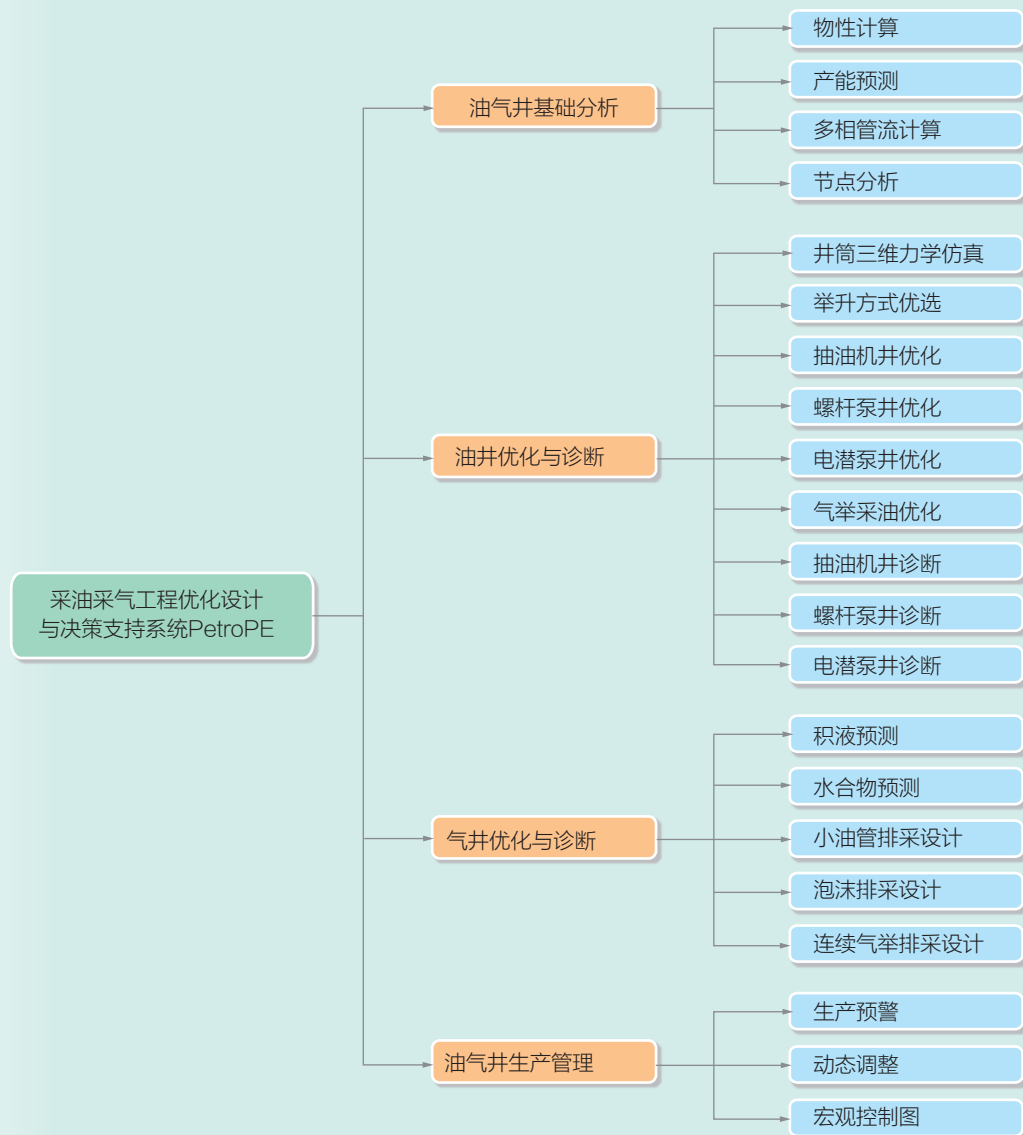
中国石油天然气集团公司履行资源、市场和国际化战略，坚持“主营业务战略驱动，发展目标导向，顶层设计”科技发展理念和“自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来”的指导方针，以国家科技重大专项为龙头、公司重大科技专项为核心、重大现场试验为抓手、重大装备、软件、产品、标准为载体，持续推进科技进步，提升科技创新能力，取得一大批具有自主知识产权的先进实用技术。

采油采气工程优化设计与决策支持系统 PetroPE 就是具有代表性的重大创新成果之一。

奉献能源 创造和谐

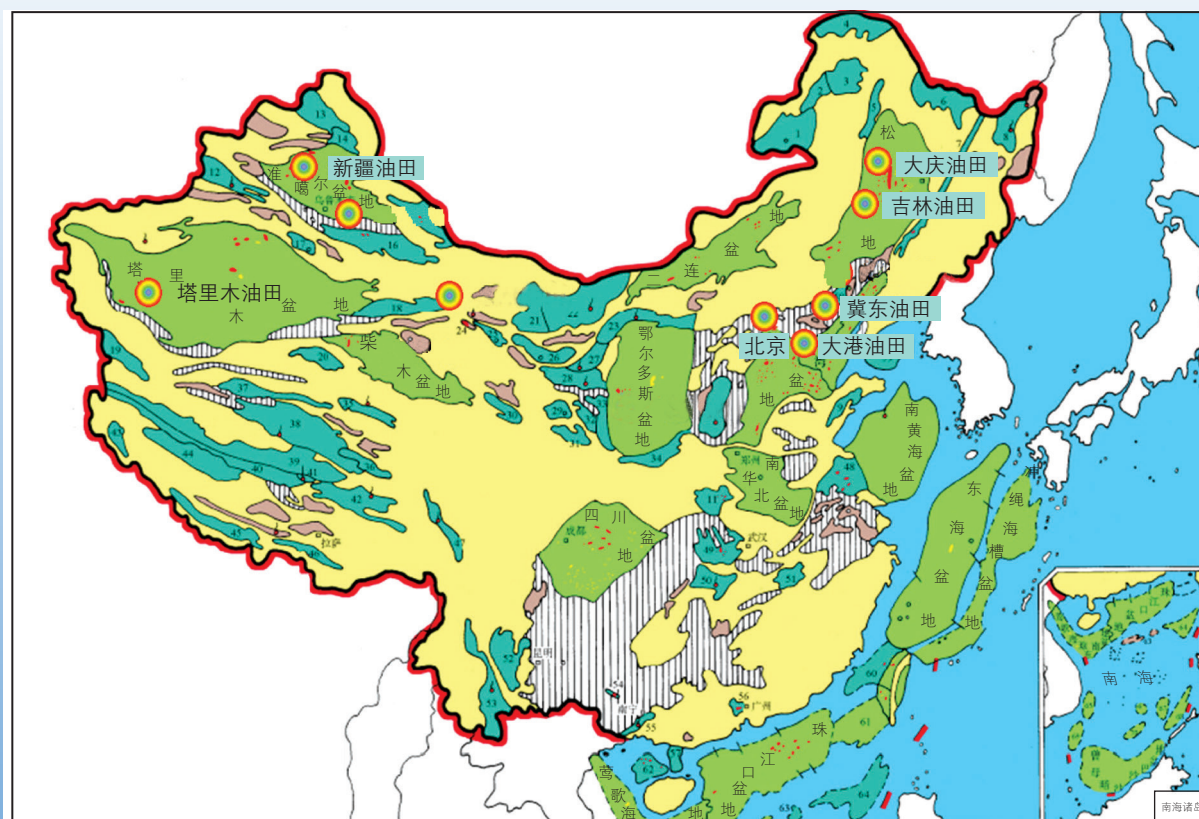
1 简介

采油采气工程优化设计与决策支持系统 PetroPE 是油气井优化诊断和生产管理的软件系统，在对油气藏产能、井筒流体和设备受力及地面抽油设备运动规律等一体化分析的基础上，优选油气井生产设备和参数。



PetroPE 基于井筒三维力学仿真，应用产量－能耗－寿命三者协调设计方法，实现对各种井型、举升方式的油气井进行生产优化和系统诊断，适用于常规油气藏、凝析油气藏、稠油油藏。

PetroPE 是油气井提效降耗、延长检泵周期、提高管理水平的重要工具，已在中国多个油气田得到规模应用两万井次以上，平均提高系统效率 3.12%，年节电近亿千瓦时，大斜度井延长检泵周期 78 天。



2

特色技术

2.1 油气井基础分析

适应油气藏类型：常规油气藏、凝析油气藏、稠油油藏。

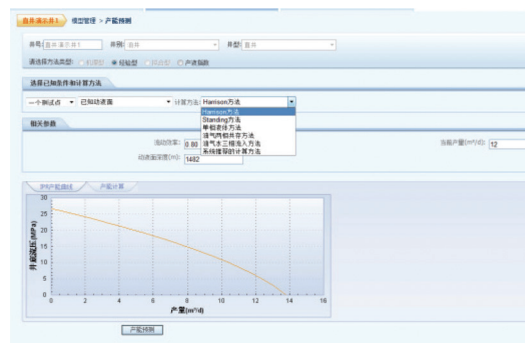
适应井型：直井、斜井、水平井。

油气井基础分析可实现物性计算、产能预测、多相管流计算、节点分析等功能。

设定黑油模型计算方法：

溶解气油比	Lasater方法	原油压缩系数	Vasquez-Beggs方法
原油比热	克萊格公式	油水混合液粘度	体积比方法
天然气比热	真实比热计算方法	天然气偏差系数	Brill-Beggs方法
饱和原油密度	Standing方法	天然气拟临界参数	standing方法
不饱和原油密度	Vazquez and Beggs方法	非经校正天然气拟临界参数	Wichert-Aziz方法
饱和原油体积系数	Standing方法	不饱和原油体积系数	Vasquez and Beggs方法
天然气粘度	Dempsey方法	非经校正天然气粘度	Dempsey方法
饱和原油粘度	Beggs and Robinson方法	不饱和原油粘度	Vazquez and Beggs方法
天然气原油粘度	Beggs and Robinson方法		
	Standing方法		

物性计算



产能预测

多相管流计算

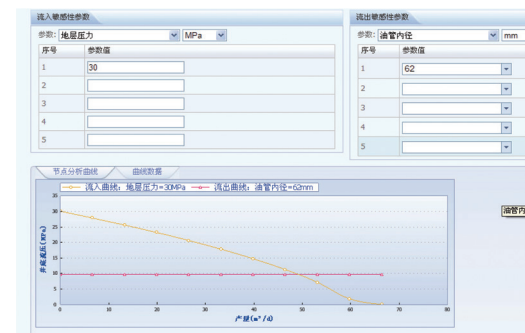
输入参数：

序号	参数名称	参数值
1	流量 (m³/d)	1482
2	管径 (mm)	62
3	管长 (m)	1000
4	管壁厚度 (mm)	5
5	管壁粗糙度 (mm)	0.046

输出结果：

序号	参数名称	参数值
1	管径 (mm)	62
2	管长 (m)	1000
3	管壁厚度 (mm)	5
4	管壁粗糙度 (mm)	0.046
5	管壁材料	碳钢

多相管流计算



节点分析

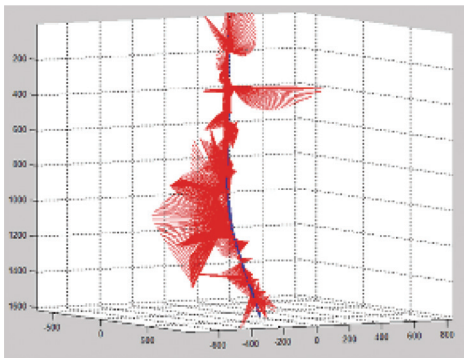
2.2 油井优化与诊断

1. 实现井筒三维力学仿真

井周声波成像直以井眼三维真实轨迹为基础，抽油设备运动规律为边界条件，应用数值方法求解得到抽油杆柱不同位置、不同时刻的三维受力。观展示水泥胶结质量。

技术优势：

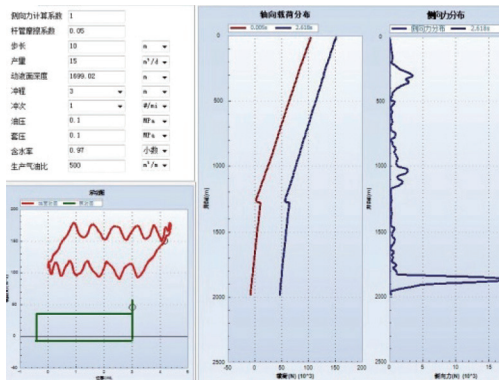
- (1) 精确的载荷计算。
- (2) 首次求得三维动态侧向力分布。
- (3) 提高设计精度，指导防偏磨设计。



三维仿真界面

2. 满足不同举升方式优化需要

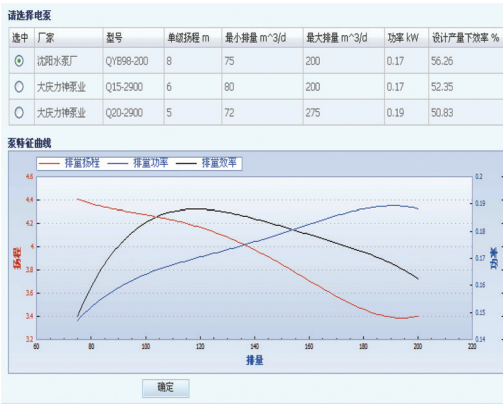
可满足抽油机井、螺杆泵井、电潜泵井、气举采油井等的需要。



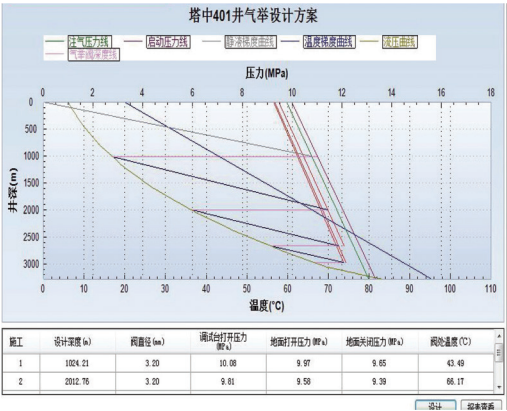
抽油机井



螺杆泵井



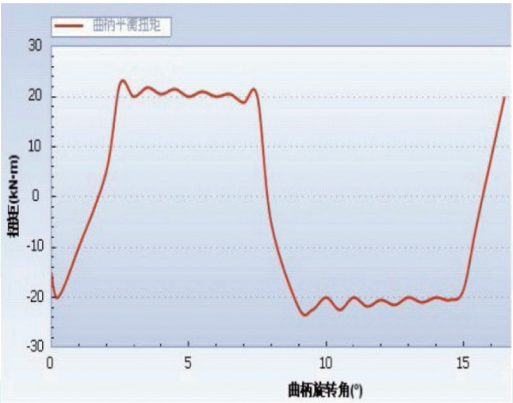
电潜泵井



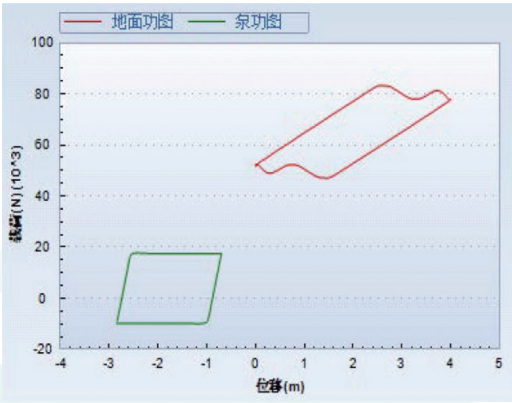
气举采油井

3. 适应设备

适应国产异型设备: 双驴头抽油机、塔式抽油机、下偏杠铃抽油机、玻璃钢杆柱、碳纤维杆柱、自定义杆柱。



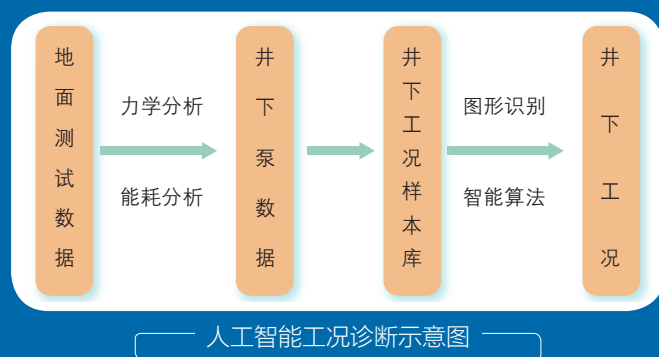
塔式抽油机扭矩曲线



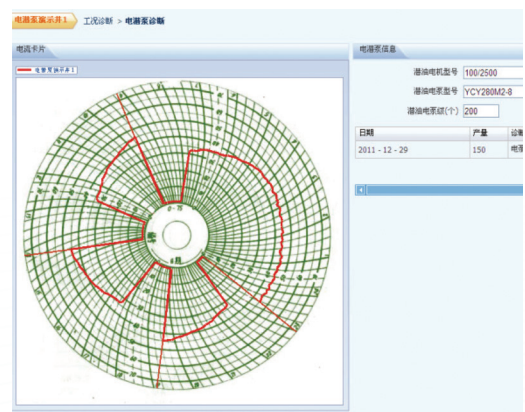
玻璃钢杆载荷预测

4. 人工智能工况诊断

应用神经网络智能算法对示功图、电流等测试数据进行综合处理，智能识别井下泵工况，还能对整个区块或采油厂进行批量诊断，减少了人力劳动。



抽油机井批量诊断

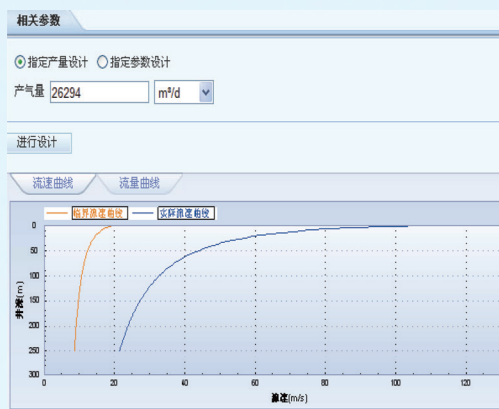


电潜泵井工况诊断

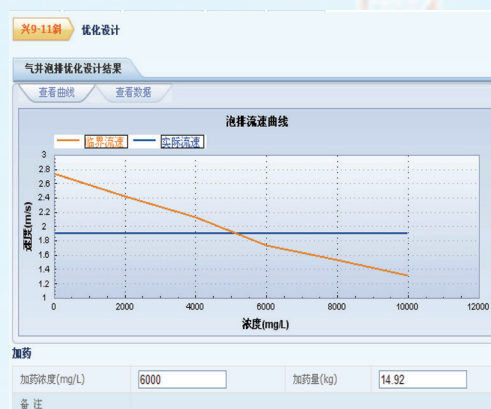
2.3 井优化与诊断

1. 气井优化设计

小油管排采优化设计在满足气井携液能力的基础上优选油管直径；泡沫排采优化设计根据不同泡排剂的性能和携液能力优选起泡剂及其相关参数。



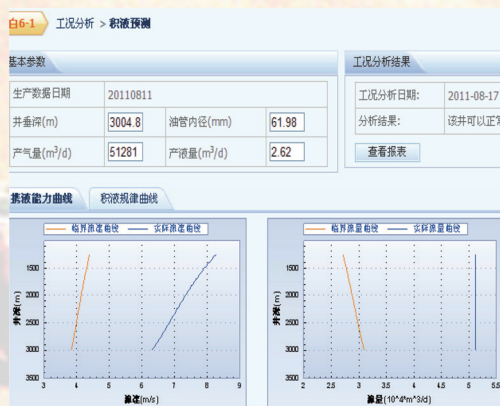
小油管排采优化设计



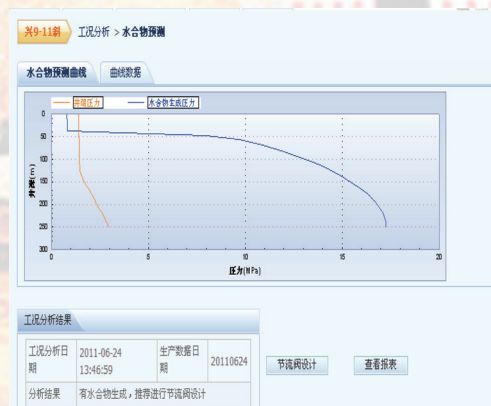
泡沫排采优化设计

2. 气井工况诊断

积液预测可判断该气井能否正常生产，对于非正常生产井可进行携液能力和积液的预测计算。水合物预测根据当前的生产状况计算出水合物生成压力和当前井筒压力，判断当前井筒是否有水合物生成，若生成水合物可进行节流阀设计。



积液预测

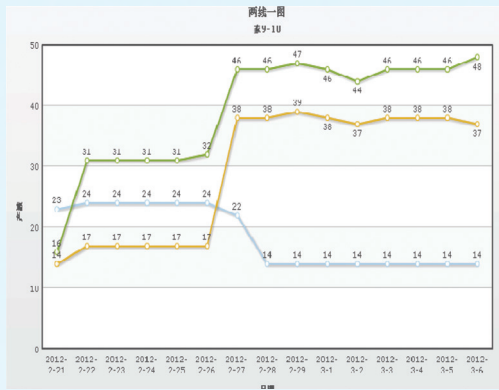


水合物预测

2.4 油气井生产管理

1. 动态管理

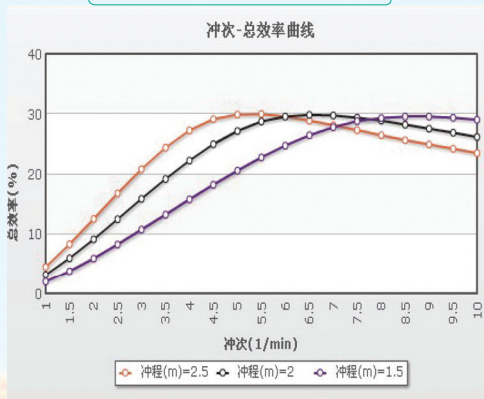
油气井生产动态管理方式有生产动态预警、动态调平衡、动态调参、宏观控制图等。



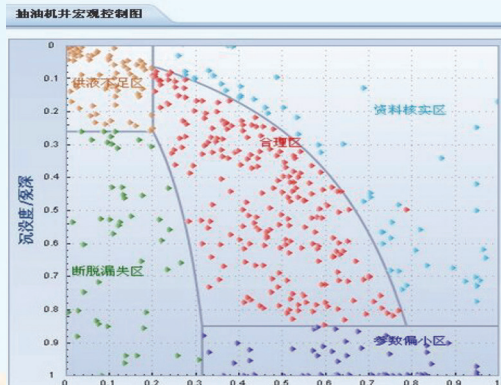
生产动态预警



动态调参



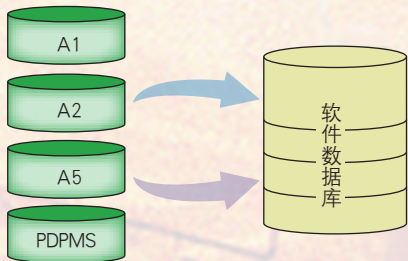
动态调平衡



宏观控制图

2. 应用网络化

联网即用，可减少投资，且便于维护、利于普及。应用网络化实现了数据高度共享，打破了数据应用壁垒。



应用网络示意图

2.5 多版本软件

PetroPE 有多个版本，分别实现多种功能，可满足不同需求。

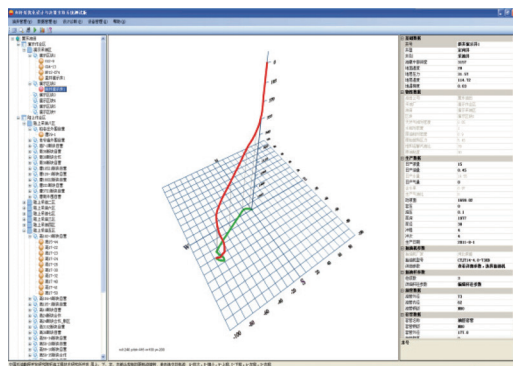
如：B/S 版本可在线快速设计；C/S 版本实现复杂模块客户端高效运行；单机版本用于科研分析；英文版本服务海外用户。



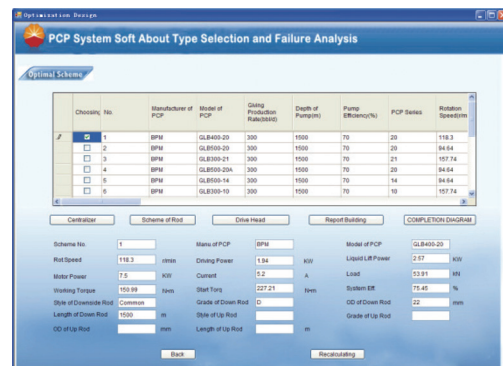
B/S 版本



单机版



C/S 版本



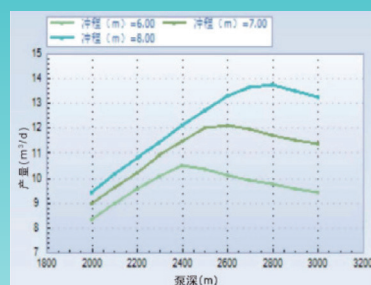
英文版

3

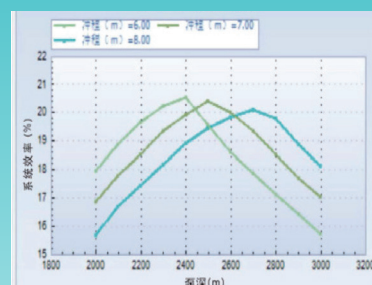
典型案例

3.1 新井、检泵作业井整体优化

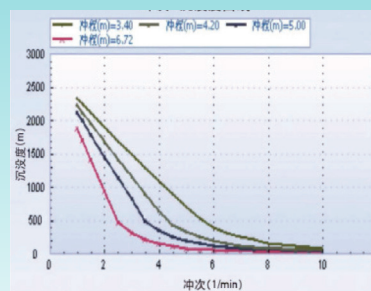
T40 井是一口检泵作业井，下泵深度达 2780m，杆柱组合对油井安全和能耗影响大，生产参数对泵效影响大，PetroPE 软件对油井产能、井筒管流、杆柱组合进行综合一体化分析，应用产量—能耗—寿命协调设计方法，优化得到杆柱组合、泵深、泵径、冲程、冲次。优化后产量由 $9.5\text{m}^3/\text{d}$ 提高到 $11.8\text{m}^3/\text{d}$ ，泵效从 19% 提高到 22.2%。



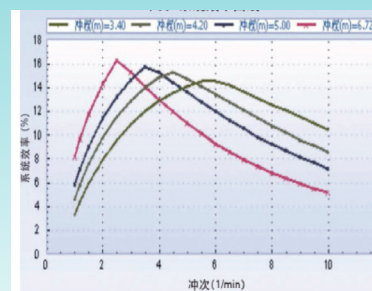
泵深—产量曲线



泵深—系统效率曲线



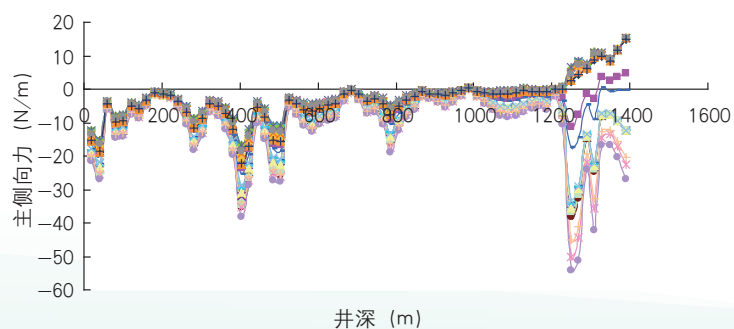
冲次—沉没度曲线



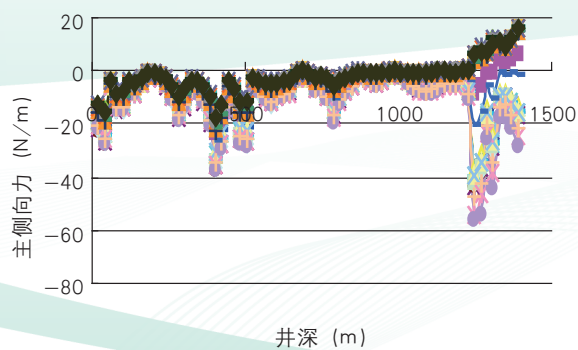
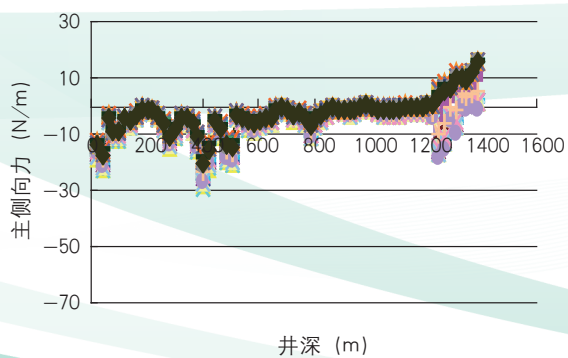
冲次—系统效率曲线

3.2 防偏磨设计延长检泵周期

J 油田 N 作业区 95 口大斜度井平均最大井斜 45° ，检泵周期不超过 120d。应用井筒三维力学仿真技术，在分析供排关系、井筒杆管力学、地面运动规律基础上，优化冲程、冲次、泵深、泵径和扶正器配置，优化后，摩擦载荷降低 30%，检泵周期延长至 222 天。



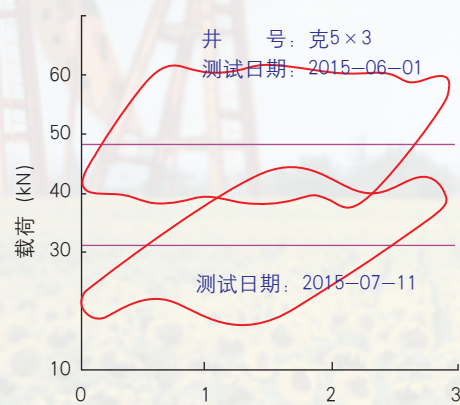
根据三维侧向力分布，优化扶正器配置



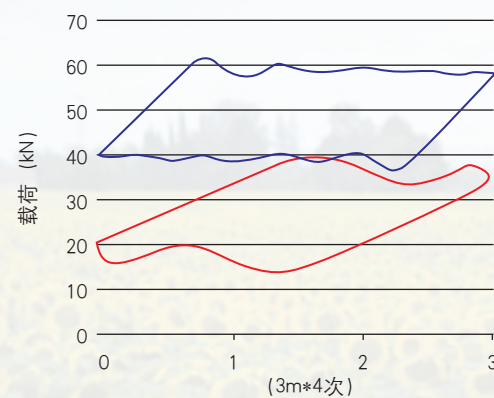
分析生产参数对侧向力影响，优化参数

3.3 碳纤维抽油杆优化设计

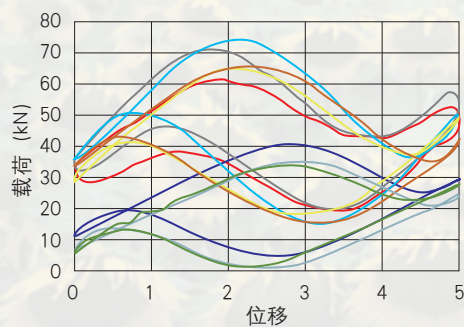
克5X3是中国石油首批碳纤维抽油杆试验井，PetroPE 软件具有碳纤维抽油杆优化设计功能。对该新型抽油杆柱的三维力学特性进行分析，得出碳纤维抽油杆优化设计原则，与现场情况比较吻合。



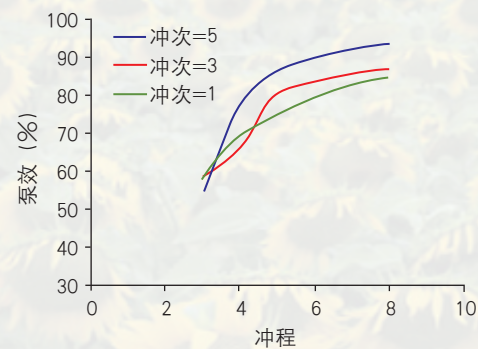
实测功图



预测功图



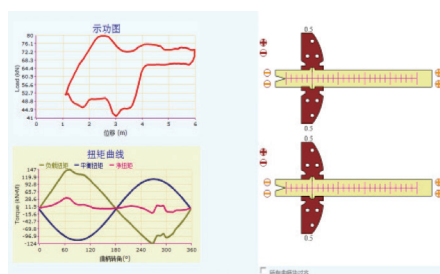
杆柱冲程损失大



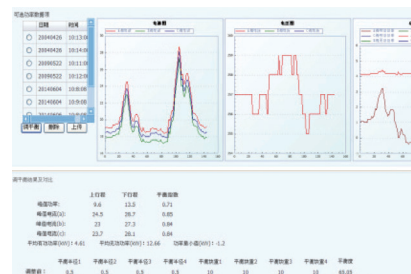
长冲程有利于提高泵效

3.4 生产参数调整提高系统效率

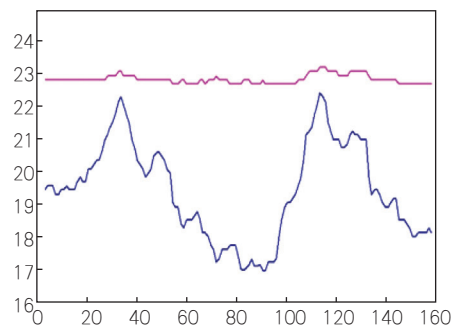
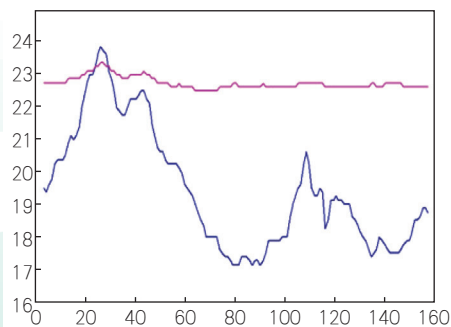
以 J 油田 Q 采油厂 50 口动态调平衡井为例，这些井产量和供液量波动大，平衡状况不佳，平衡度处于 40% ~ 60% 之间，应用 PetroPE 软件提供的功图法、功率法一步到位调平衡模块，50 口井的平衡度保持在 85% 以上，系统效率提高 3.9%。



功率法调平衡



功图法调平衡



QB50-5 井调平衡前后功率曲线对比

4

科研装备

4.1 硬件设备

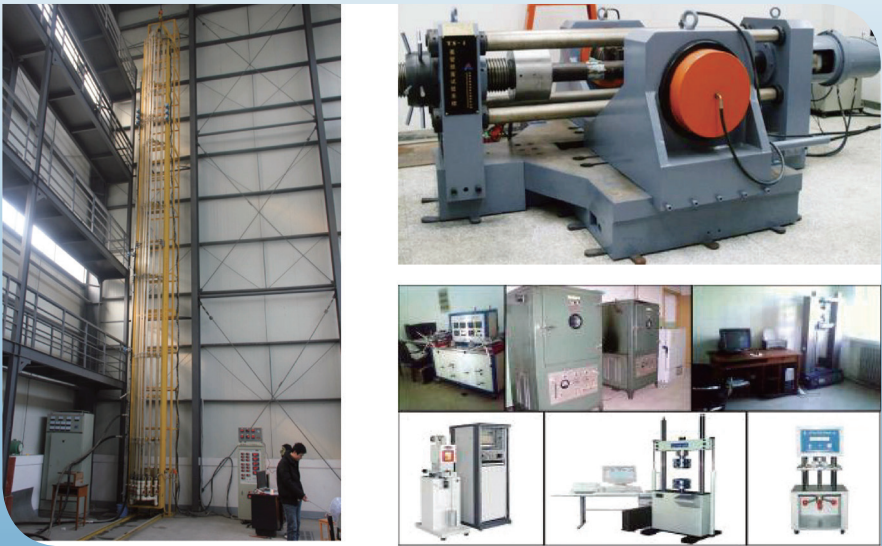
服务器	SUN10000、SUN2000E，主要用于采油采气分析测试研究。
工作站	Ultra60、Ultra2、SGI 等 10 多台套，主要用于采油采气模拟。
个人图形工作站	HP 个人图形工作站 20 多套，主要用于采油采气模拟分析综合研究。

4.2 开发工具

有 Windows Server 2012 操作系统、Visual Studio 2013 软件开发工具、Visual SVN 版本控制器等。

4.3 采油采气重点实验室

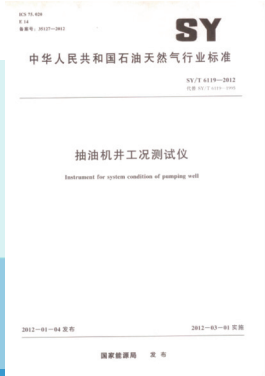
拥有中国石油采油采气重点实验室，具有人工举升、注水、酸化压裂、堵水调剖等专业的测试模拟设备 80 多种，能够进行机械采油系统效率测试、井下液力循环模拟、油气藏地应力测试、泥岩水化测试、套管损坏试验、高温高压泡沫排液模拟、电化学腐蚀综合测试、水平井控水模拟实验、堵调驱化学剂性能评价、化学剂微观结构分析、岩心流动实验模拟等。



实验设备组图

5 资质与标准

采油采气工程优化设计与决策支持系统 PetroPE 具有独立的软件著作权，是中国石油自主创新重要产品，2012 年获中国石油天然气集团公司科技进步一等奖。拥有专利 **13** 件，制订采油采气行业标准 **1** 项。



6

专家团队



雷 群 教授级高级工程师，高级技术专家。长期从事采油工程研究工作。在机械采油、采气工程、压裂酸化等方面取得多项重要成果。先后获省部级一、二等奖 11 项。



刘 合 教授级高级工程师，高级技术专家。长期从事钻采工程研究工作。在分层注水和井筒工程控制技术等方面取得多项重要成果。获国家科技进步和发明二等奖 4 项，省部级科技进步一等奖 7 项。



吴晓东 教授，技术专家。主要研究领域为人工举升理论与技术、水平井采油技术、天然气开采工艺、煤层气开采工艺。获国家科技进步特等奖 1 项，省部级科技进步一等奖 8 项。



熊春明 教授级高级工程师，高级技术专家。长期从事采油采气工程研究工作。获国家科技进步二等奖 1 项，省部级科技进步一等奖 6 项、二等奖 3 项。



张建军 教授级高级工程师。长期从事采油采气工程研究工作。在机械采油、分层注水等领域取得多项重要成果，获 5 项省部级科技成果。发表论文 21 篇，编写专著 2 本。



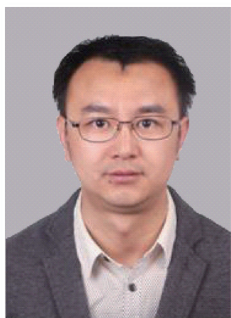
韩国庆 副教授，技术专家。主要研究领域为人工举升理论与技术、水平井采油技术、天然气开采工艺、煤层气开采工艺。获省部级科技进步一等奖 2 项、二等奖 5 项。



师俊峰 高级工程师。主要从事机械采油工程研究工作，负责“油气井生产系统优化设计与诊断决策软件研制”等项目的科研工作。获省部级一等奖 2 项、三等奖 1 项，局级一等奖 4 项。



赵瑞东 高级工程师。主要从事机械采油工程研究工作。主要负责“油气井生产系统优化设计与诊断决策软件研制”等项目的科研工作。获省部级一等奖 2 项，局级一等奖 2 项。



张喜顺 工程师。主要从事机械采油工程研究工作，参与并负责“油气井生产系统优化设计与诊断决策软件研制”等项目的科研工作。获省部级一等奖 2 项。



张 鑫 工程师。主要从事机械采油与自动化工程研究工作，参与并负责“采油采气工程优化设计与决策支持系统 V2.0 研制”等项目的科研工作。

7

服务与培训

7.1 培训

中国石油拥有一批专业的 PetroPE 软件培训人员，精通方法理论且熟练软件操作，具有较强责任心，可集中培训或一对一指导，还可进行远程技术支持和诊断，及时有效解决用户问题。能根据客户要求，制订培训计划，提供个性化、标准化培训服务。

7.2 售后服务

PetroPE 软件团队能够对软件售后应用进行全程跟踪与记录，及时解决用户应用中的各种需求。

7.3 服务联系人

师俊峰（软件培训）

电话：010-83595410

邮箱：sjf824@petrochina.com.cn

赵瑞东（技术支持）

电话：010-83595357

邮箱：zhaoruidong@petrochina.com.cn

张 鑫（软件安装）

电话：010-83595357

邮箱：zhangxin92@petrochina.com.cn

理论培训



软件操作培训





中国石油科技管理部联系人：

刁 顺 先生
电 话：86-10-59986059
Email：sdiao@cnpc.com.cn
diaoshun@sohu.com

中国石油经济技术研究院联系人：

张 丽 女士
电 话：86-10-62065043
Email：zhangli024@cnpc.com.cn

中国石油勘探开发研究院联系人：

师俊峰 先生
电 话：010-83595410
Email：sjf824@petrochina.com.cn

Contact of Science & Technology Management Department, CNPC：

Mr. Diao Shun
Tel: 86-10-59986059
Email: sdiao@cnpc.com.cn
diaoshun@sohu.com

Contact of CNPC Economics & Technology Research Institute：

Ms. Zhang Li
Tel: 86-10-62065043
Email: zhangli024@cnpc.com.cn

Contact of Research Institute of Petrochina Exploration & Development：

Mr. Shi Junfeng
Tel: 010-83595410
Email: sjf824@petrochina.com.cn

