



高含水油田注采工艺技术

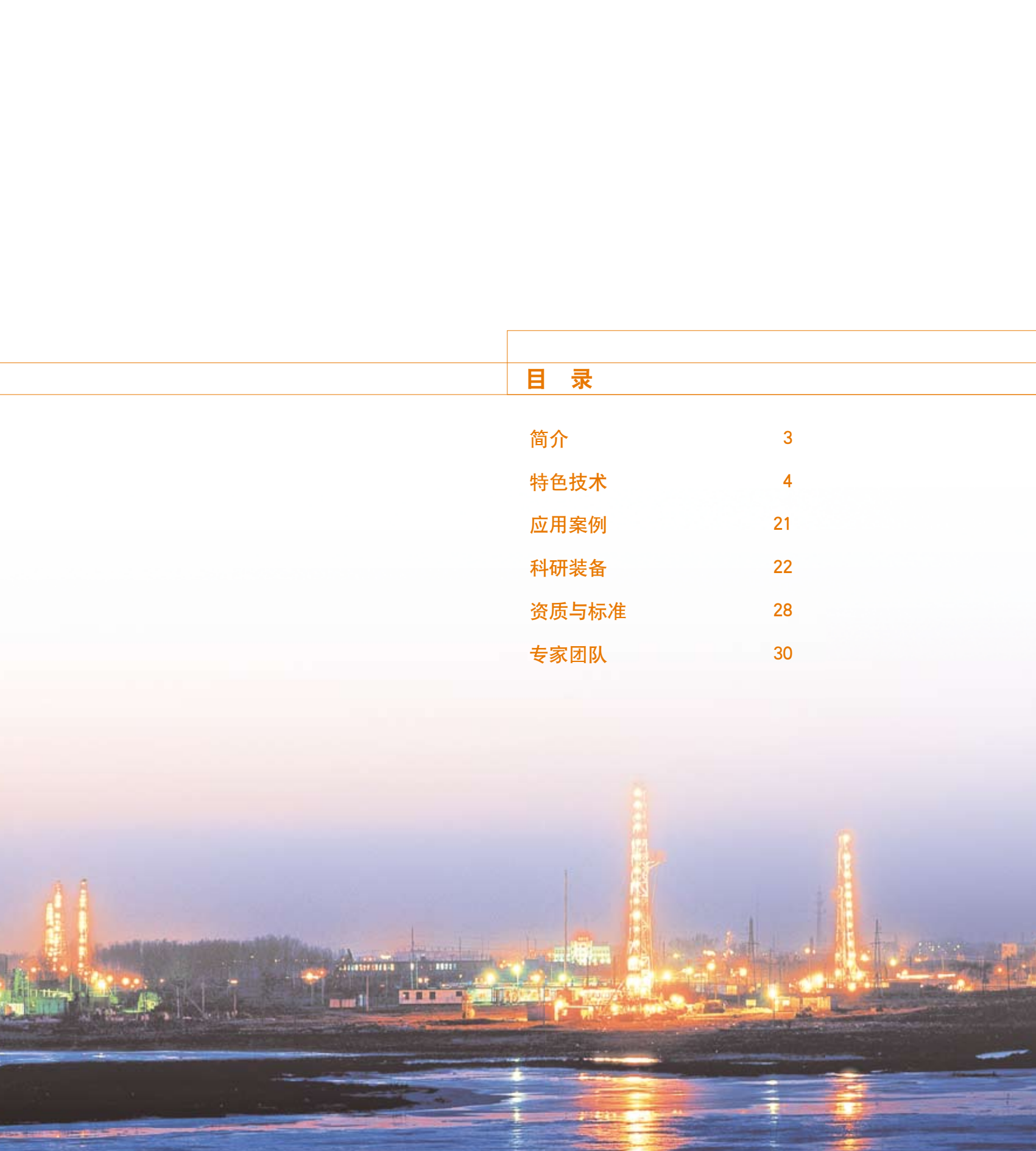
2011 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

中国石油——高含水油田采油专家！





目 录

简介	3
特色技术	4
应用案例	21
科研装备	22
资质与标准	28
专家团队	30



中国石油

中国石油天然气集团公司是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，下设上游 17 家、下游 33 家、销售 36 家大型企业。作为中国境内最大的原油天然气生产、供应商和最大的炼油化工产品生产、供应商之一，中国石油天然气集团 2010 年国内生产原油 10500 万吨，生产天然气 72.5 亿立方米，加工原油 135 亿吨，全年实现营业收入 1,720 亿元，实现利润 172.7 亿元，实现利润在国内企业中位居榜首。

美国《财富》杂志 2010 年度全球 500 强公

司排名中，中国石油天然气集团公司居第 10 位，在全球 50 家大石油公司中位居第 5 位。中国石油天然气集团公司履行资源、市场和国际化战略，坚持推进科技进步，实施技术创新，以全面提升技术创新能力为主线，以解决制约主营业务发展的重大瓶颈技术为重点，不断完善技术创新体系，优化科技资源配置，强化科技人才队伍建设，技术创新能力大幅度提升，技术实力显著增强，取得了一大批高水平，具有自主知识产权的创新成果。

高含水油田注采工艺技术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

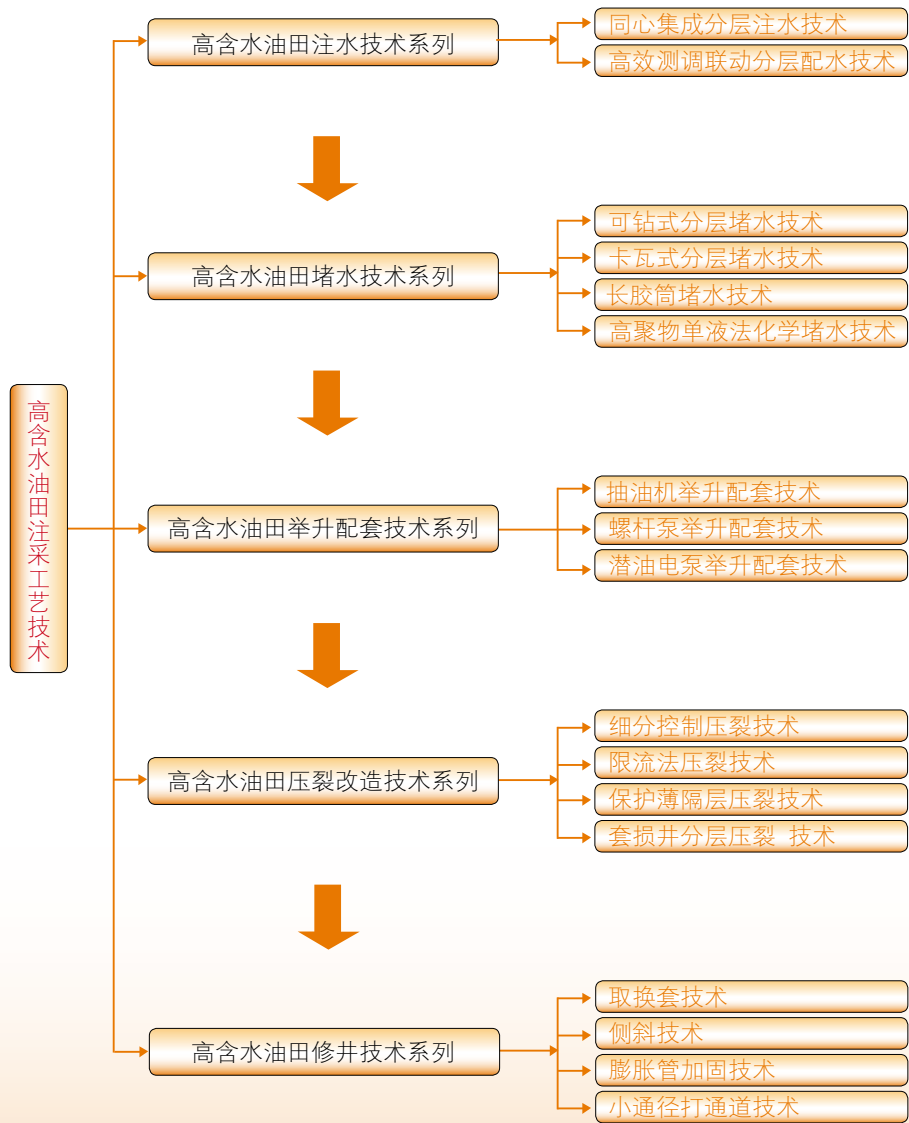
简介

中国石油长期致力于油田分层开采技术的探索与实践，针对油田非均质、多油层储层特点，针对不同开发阶段油田含水程度，形成一整套适合于高含水油田的分层注水、分层堵水、举升工艺、压裂改造和修井等五大技术系列 17 单项技术。高含水注采工艺技术已经在国内外

油田开发中得到日益广泛的应用，为油田高产、稳产和提高采收率做出了重大贡献。

中国石油有大批优秀的注采专业技术人才，相应的注采工艺设备以及专业化的服务队伍，可提供注采工艺相应的各项技术服务。





2 特色技术

高含水注采工艺技术



注水技术



堵水技术



举升配套技术



压裂改造技术



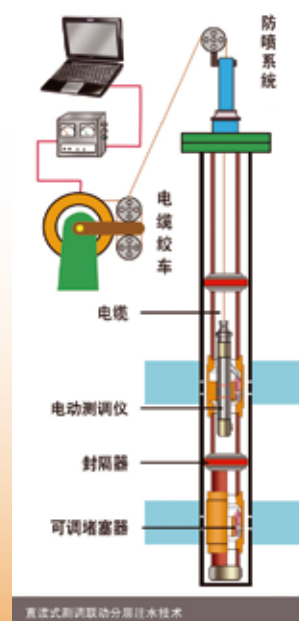
修井技术

1. 高含水油田分层注水技术系列

高含水油田分层注水技术能够解决高含水后期开采阶段注水井细分程度差、管柱寿命短、测调效率低、层间矛盾突出等制约水驱开发的问题。根据油层条件不同，可进行同心集成分层注水和高效测调联动分层配水技术，以实现实时调配，有效控制各层段注入量。

(1) 同心集成式分层注水技术封隔器卡距 2m，适应 4 个层段细分注水，分层注入量、分层压力可实现同步测试，效率高。

(2) 高效测调联动分层配水技术管柱采用桥式通道设计，消除了测试时层间干扰，可以在生产状态下，准确测量单层流量、压力等参数。采用机电一体化技术，实现分层注入量连续可调，地面实时直读油层压力、注入量等数据，测调效率高。



2. 高含水油田堵水技术系列

高含水油田堵水技术包括可钻式分层堵水、卡瓦式分层堵水和长胶筒堵水技术，能满足不同机采方式和不同套管系列要求。同时针对因地质及井筒条件限制不能应用机械式堵水的井，研究应用高聚物单液法化学堵水技术。

(1)可钻式分层堵水技术封隔器承压耐温性能高，工作压差 100MPa，工作温度 160℃；封隔器用管柱投送，可任意多级使用；封隔器工作寿命长（10 年以上），可用永久性封堵；在国内 8 个油田应用 1000 多口井，现场应用各种管柱及井下工具下井一次施工成功率 98% 以上。

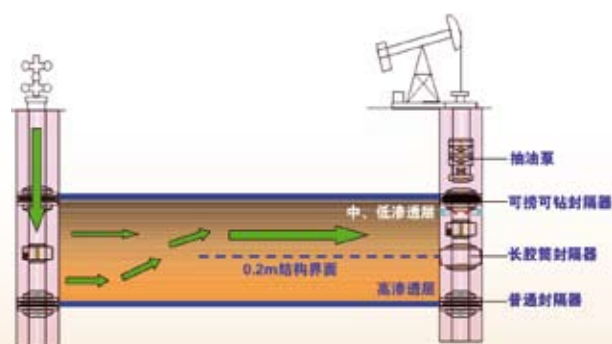


可钻式封隔器

(2)卡瓦式分层堵水技术管柱承压 25MPa，耐温 120℃，工作寿命 3 ~ 5 年；堵水管柱与生产管柱脱开，泵抽和检泵对堵水管柱无影响；适用于大泵井和电泵井多层堵水。

(3)长胶筒堵水技术管柱承压 25MPa，耐温 120℃，可以封堵射孔炮眼，实现层内封堵；适用于有结构界面、且存在无效注采循环的厚油层层内堵水井。

(4)高聚物单液法化学堵水技术可用于常规油水井高含水层的封堵、层系（厚油层）封堵、窜槽井封窜等疑难井综合治理。已经在国内 6 个油田现场应用超过 300 井次，有效期 3 年以上，成功率 98% 以上，并应用到哈萨克斯坦油田。



长胶筒堵水示意图

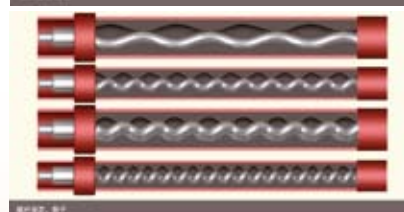
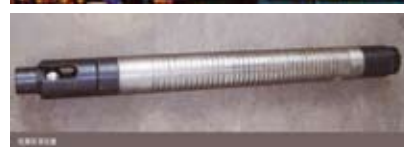
3. 高含水油田工艺举升技术系列

高含水油田举升工艺技术包括抽油机、电动潜油离心泵和螺杆泵举升配套技术，产品形成系列，工艺技术配套，检泵周期长，系统效率高，适应性强，可满足不同采出液、不同产量、不同井深、不同结构的采油井举升需要。

(1) 抽油机举升配套技术包括游梁式抽油机、渐开线抽油机、双驴头抽油机和低冲次抽油机等 13 大类抽油机系列产品，拥有相关专利 13 项。研发的低冲次抽油机等一系列节能型抽油机，是油田节能降耗的重要手段。

(2) 螺杆泵举升配套技术形成可适应油田水驱举升的大、中、小排量螺杆泵系列（排量范围 $5 \sim 300\text{m}^3/\text{d}$ ）。可提供常规螺杆泵、可洗井空心转子螺杆泵、防渗漏驱动装置、专用抽油杆、偏心测试螺杆泵、智能型地面控制系统及测试诊断等系列配套技术。

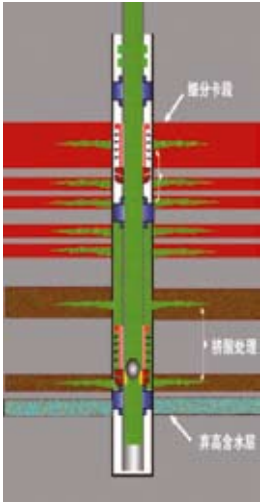
(3) 潜油电泵举升配套技术包括常规潜油电泵机组、适应特殊井况潜油电泵机组、节能型潜油电泵机组及地面电气控制等四大系列实用配套技术，在 50Hz 下排量范围在 $20 \sim 4700\text{m}^3/\text{d}$ ，最大扬程为 3500m，适应井温 $90 \sim 180^\circ\text{C}$ 。



4. 高含水油田压裂改造技术系列

针对不同地质条件，形成了细分控制压裂、限流法压裂、保护薄隔层压裂和套损井分层压裂等一系列配套压裂改造技术，为高含水油田挖潜剩余油提供了有效的技术手段。

细分控制压裂技术是在精细地质研究的基础上，通过精细选层、合理划分压裂层段、优化射孔、合理确定单孔排量，使小层有效压开率在 90% 以上，隔层厚度下限在 0.4 米。

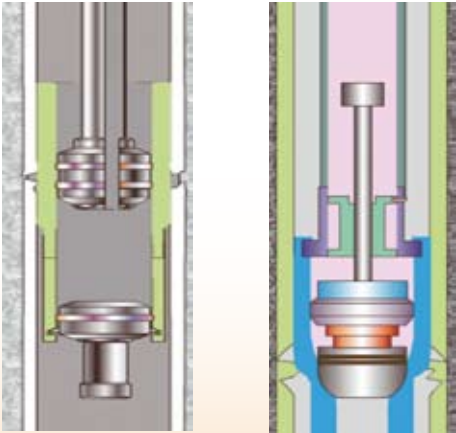


细分控制压裂示意图

5. 高含水油田修井技术系列

高含水油田都面临油水井套管损坏的问题。中国石油形成了取套、侧斜、膨胀管加固和小通径打通道等修井技术，满足了油田开发对油水井大修的需求。

膨胀管加固技术是针对套管腐蚀、破裂、变形及错断等套损情况，经整形处理后，利用金属材料具有塑性变形的特性，对套管套损部位实施补贴加固，提高了套损井的修复率。



由下至上 由上至下

膨胀管膨胀方式图

3

应用案例

1. 高含水油田分层注水技术应用

同心集成式分层注水技术已在中国 11 个油田推广应用 450 多口井, 验封测压近 2000 层次、流量调配近 4000 层次, 具有测试精度和测试成功率高等特点。

高效测调联动分层配水工艺技术已在中国 7 个油田和哈萨克斯坦油田累计应用 4000 多口井, 测调效率较常规测调工艺提高 3 倍以上。



2. 高含水油田举升配套技术应用

潜油电泵举升配套技术除满足国内各油田需求以外, 先后销往美国、秘鲁、苏丹、印尼、阿曼、哈萨克、俄罗斯等国家。

潜油电泵防砂及变频应用技术在苏丹油田, 对潜油泵采取综合防砂技术, 径向扶正采用硬质合金为摩擦副, 采用整体压紧泵消除轴向磨损, 配合使用高承载止推轴承保护器, 有效提高机组抗砂能力。累计应用 285 口井, 市场占有率近 50%, 平均检泵周期达到 600 天左右。

潜油电泵防腐及定向井应用技术在印尼海上油田, 针对当地 CO_2 腐蚀严重问题, 将电泵机组与井液发生接触的部件更换为防腐材料, 同时采用整体 Monel 火焰喷涂, 消除机组腐蚀现象。经采取措施的电泵机组运行可靠, 达到国外同类产品在该地区的应用水平。

抽油机举升配套技术除满足国内各大油田外, 还成功打入国际市场, 批量出口到美国、加拿大、英国、法国、哈萨克斯坦、非洲等 14 个国家和地区。

4

科研装备

中国石油为满足高含水油田开发，持续完善科研条件的建设。在模拟检测多方面实验设备武装齐备。

井下工具综合模拟试验系统：用于模拟现场工况，进行不同规格、型号井下工具的钻、铣、磨的试验；封隔器的水力、机械、旋转式坐封、解封等试验。



细分开采模拟试验井系统：用于分层注水工艺管柱的模拟试验；井下流量计在线校准试验；井下工具坐封、承压、反洗、解封等试验。



柱塞泵检测系统：进行抽油泵常规性能试验和抽油泵特性试验。能测试并计算柱塞泵悬点载荷、排量系数、有效功率和泵效。

电动潜油离心泵检测系统：能程控完成 GB/T 16750.3—1997 标准中要求的相应试验，即空载、超速、堵转、温升、潜油电泵机组的成套性能等试验。



螺杆泵水力性能检测系统：能模拟螺杆泵井实际工况，进行螺杆泵水力性能检测。



潜油电机型式试验台：用于新产品设计，产品工艺变更以及对潜油电机进行空载、负载、温升等试验，测试项目全面，测试准确度高。



压裂实验系统：用于岩石力学参数测定，压裂液及增稠剂常规性能评价，压裂液及增稠剂高温（ $\leq 200^{\circ}\text{C}$ ）性能评价和支撑剂的筛选及导流能力测定等实验。



5

资质与标准

中国石油在高含水油田开采领域拥有完备资质。

1. 资质

1996 年，取得了 ISO9001 质量体系认证证书。



2001 年，通过美国石油学会的 API 认证。



2003 年通过了 HSE 体系认证。



2003 年，获得长城（天津）质量保证中心质量管理体系认证证书。



2009 年，获全国工业产品生产许可证。



2009 年，取得了中国合格评定国家认可委员会实验室认可证书。



2. 标准

序号	标准名称	标准号
1	变形游梁式抽油机	Q/CNPC—DQ1485—2003
2	异型游梁式抽油机	Q/CNPC—DQ1481—2003
3	低冲次抽油机	Q/CNPC—DQ1583—2006
4	摩擦换向抽油机	Q/CNPC—DQ1232—1999
5	渐开线天轮抽油机	Q/CNPC—DQ1480—2003
6	潜水电泵装置的安装	GB/T 17388—1998
7	潜水电泵机组	GB/T 16750—2008
8	潜水电泵保护器的使用与检验推荐作法	SY/T 6598—2004
9	潜水电泵装置的操作、维护和故障检查	GB/T 17387—1998
10	潜水电泵选井原则及选泵设计方法	SY/T 5904—2004
11	潜水电泵装置的规格及选用	GB/T 17386—1998
12	潜水电泵离心泵试验推荐作法	SY/T 6599—2004

6

专家团队



刘 合 总工程师，采油工程专家。长期从事高含水油田注采技术研究与现场应用，主持完成多项注采工艺配套等实用新工艺、新技术研究项目。发表学术论文 20 篇，获专利 10 项。
E-mail: liuhe@petrochina.com.cn



兰中孝 总工程师，采油工程专家。长期从事修井技术和勘探、开发增产改造技术研究以及现场应用，组织并承担多项修井和压裂新工艺、新技术研究项目。发表学术论文 20 余篇，获专利 21 项。E-mail: lanzhx@petrochina.com.cn



杨 野 教授级高级工程师，采油工程专家，长期从事采油工程注采技术研究及新技术推广应用，主持并组织完成 20 多项采油工艺技术的研究攻关与推广项目。发表论文 10 余篇。
E-mail: yangyedi@petrochina.com.cn



周万富 总工程师，采油工程专家。长期从事高含水油田注采技术研究与现场应用，主持和参加 20 多项采油工艺技术的研究攻关与推广项目。发表论文 10 余篇。
E-mail: zhouwf@petrochina.com.cn



王 研 总工程师，采油工程专家。长期从事采油工程专业的科研和技术管理，主持多项科研项目攻关。发表论文 20 余篇，获专利 9 项。

E-mail: wangyan-a@petrochina.com.cn



郑雪峰 高级工程师，机械工程专家。长期从事抽油机开发设计工作，负责完成多项抽油机研制工作，开发设计多种结构不同型号的 API 标准抽油机。发表论文 10 余篇。

E-mail: dengxuefeng@petrochina.com.cn



杨元建 高级工程师，采油工程专家。长期从事潜油电泵开发设计工作，主持完成多项潜油电泵配套技术研究项目。发表论文 8 篇，获专利 4 项。

E-mail: yangyuanjian@petrochina.com.cn



联系人：刁顺 先生
电 话：59986059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

Contact: Mr. Diao Shun
Tel: 59986059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

