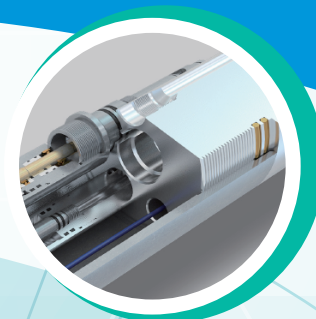
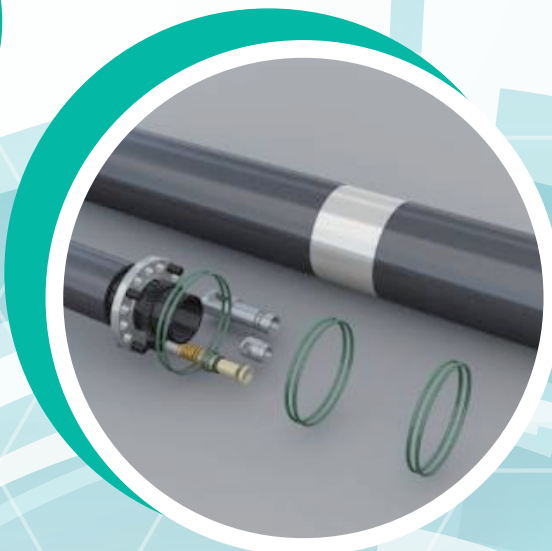




分层注水与实时监测技术

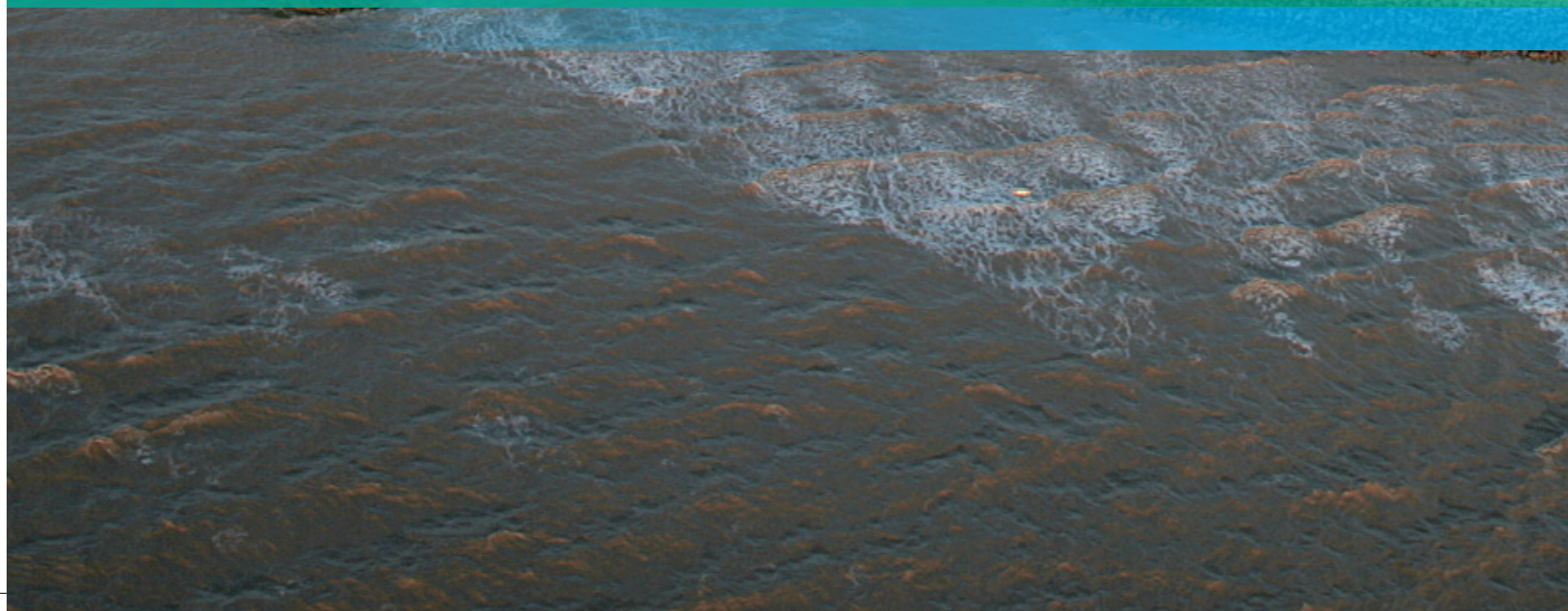
2016年



中国石油天然气集团公司科技管理部



分层注水与实时监测，点击科技，与油藏沟通！



目 录

1

简 介 / 4

2

特色技术 / 6

3

典型案例 / 11

4

科研装备 / 13

5

资质与标准 / 14

6

专家团队 / 18

7

服务与培训 / 20



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。

分层注水与实时监测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

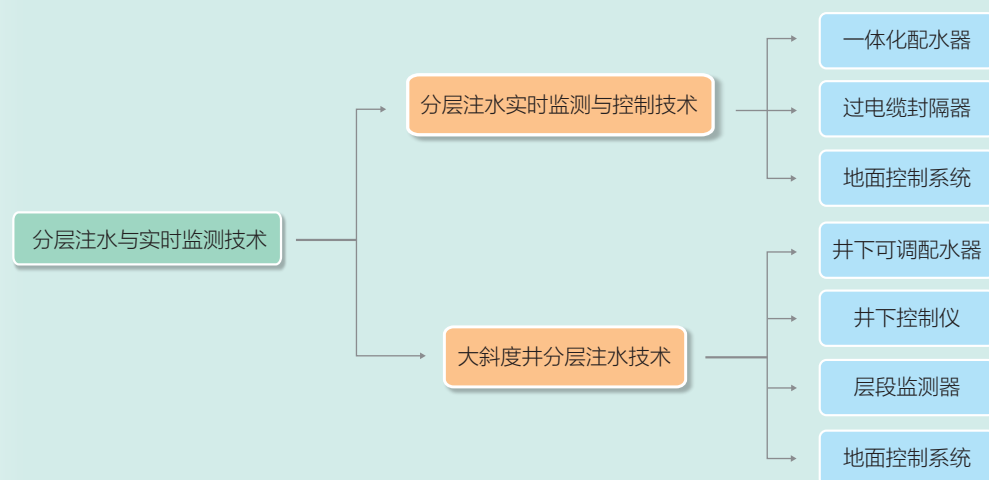
1

简介

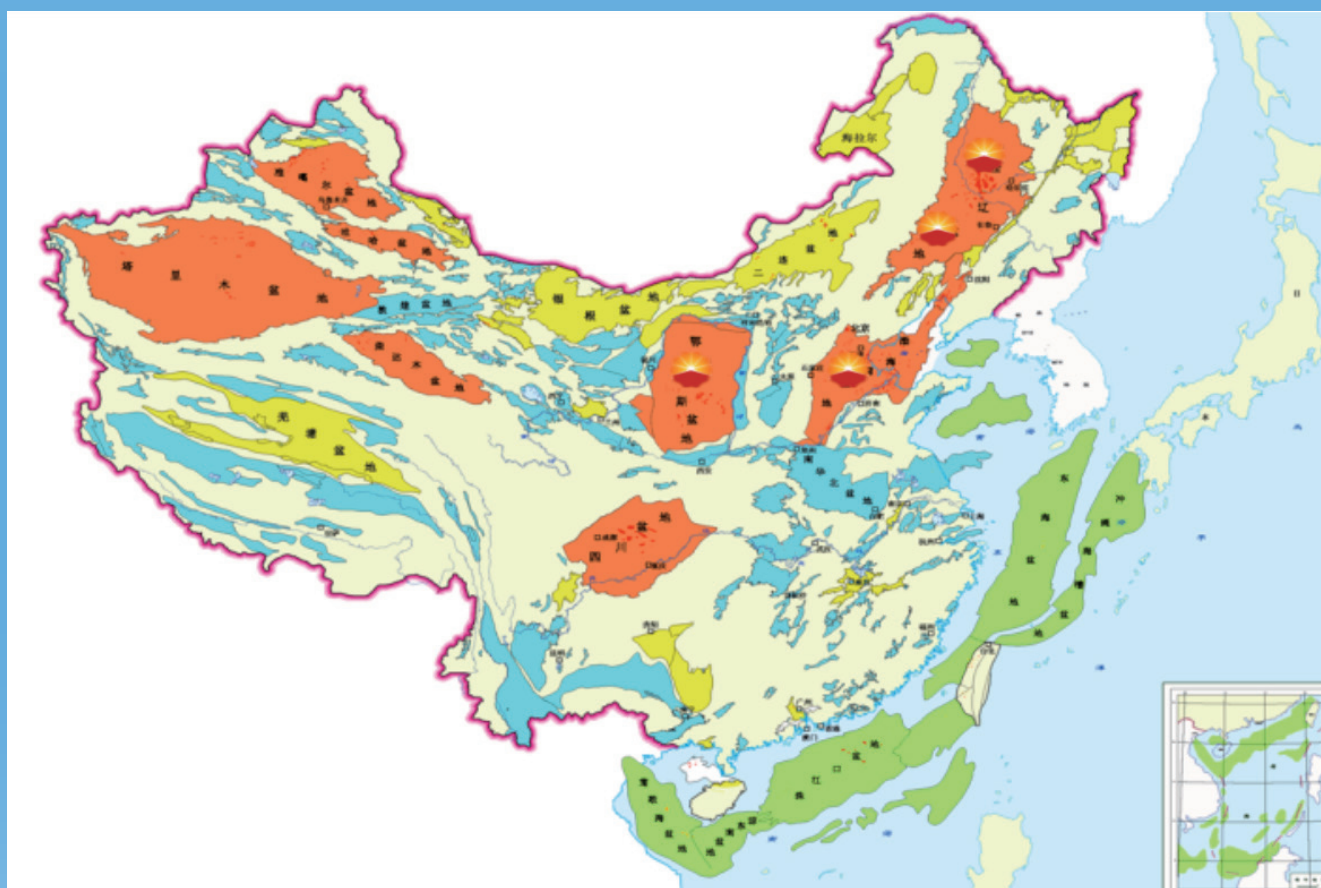
注水开发是保持油层压力，实现油田高产、稳产和改善油田开发效果的最经济、最成熟、最具潜力的方法。在中国油田储层中，92% 为陆相碎屑岩沉积，储层非均质性强。为加强中、低渗透层注水，提高水驱开发效果，大力研发了分层注水相关技术。分层注水与实时监测技术是实现有效注水，以及在高含水后期、特高含水期继续提高水驱采收率的必然选择之一。

中国的油田多已进入高含水开发后期，注水井和采油井之间的连通关系更加复杂，现有注水技术无法获取层段流量、压力等参数的长期连续数据，不能满足精细地质描述对动态数据的要求。测试队伍和作业成本越来越难以满足日益增长的注水井测调工作量的需要，注水合格率下降较快。另外，人工岛、大平台、海上油田大斜度井测调效率低，缺乏高效、低成本的分层注水技术。

中国石油为满足油田开发“注好水、注够水、精细注水、有效注水”的需求，缓解层间矛盾、实现高效有效注水，不断创新分层注水技术，发展形成了多个技术系列。中国石油的分层注水技术，无论在技术水平、细分程度还是应用规模上都达到了很高的水平，处于国际领先地位。



中国石油研发的经济高效的分层注水与监测技术，现已在大庆、吉林、冀东、福山等油田现场应用于 90 余口井，成为高含水油田开发后期继续提高采收率的重要保障措施之一。



市场应用分布图

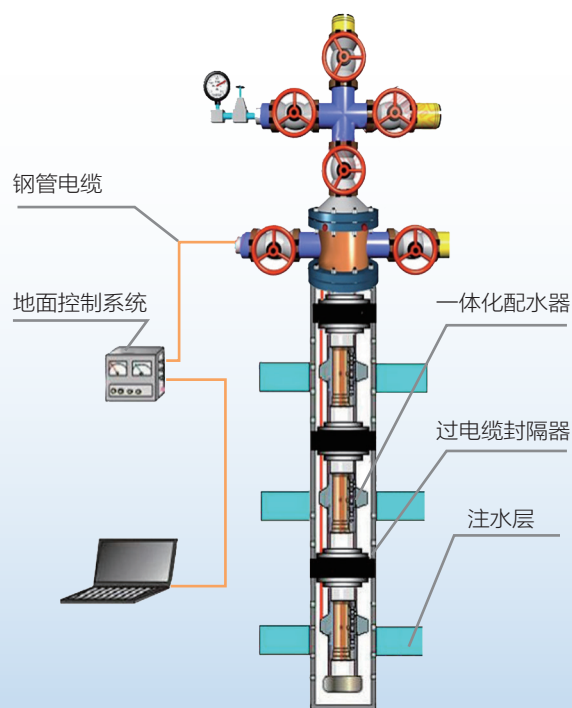
2

特色技术

2.1 分层注水实时监测与控制技术

分层注水实时监测与控制技术是指完井过程中预置钢管电缆，通过钢管电缆在地面实时监测每个层段的压力、流量和温度等参数。同时地面直接发出控制指令，实时动态调整任意层段的配注量，无需测试车。结合地面无线远传技术，管理人员在办公室即可对每口井进行实时监测和数据分析，通过点击鼠标可随时调整层段配注量。

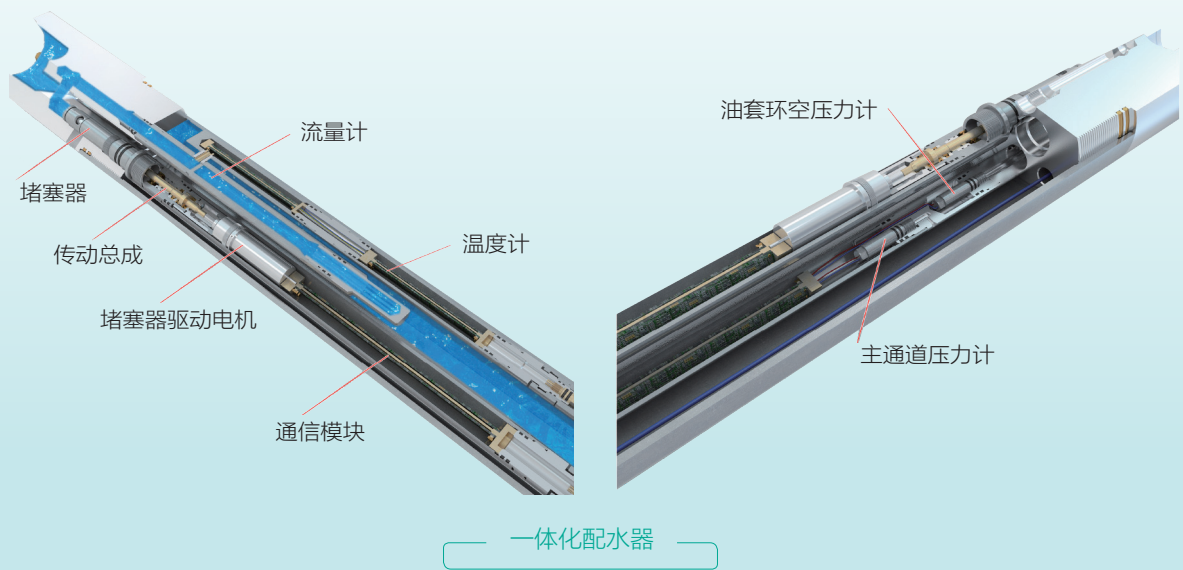
分层注水实时监测与控制装置主要由一体化配水器、过电缆封隔器和地面控制系统等部分组成。



分层注水实时监测与控制装置结构示意图

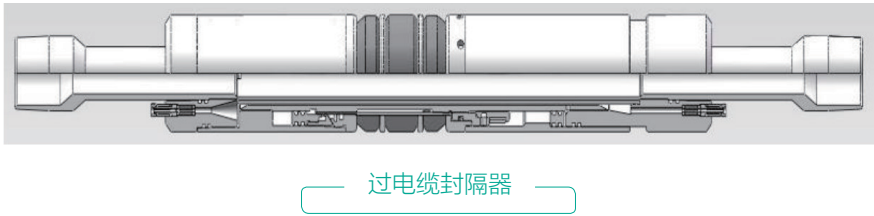
1. 一体化配水器

一体化配水器主要由油管压力传感器、地层压力传感器、流量传感器、堵塞器总成、电机传动总成和控制电路组成，可长期在井下工作，实时监测层段压力、流量和温度，监测的数据通过钢管电缆实时传送到井口。需要测调时，在地面可直接下达指令控制堵塞器水嘴开度，调节配注量。



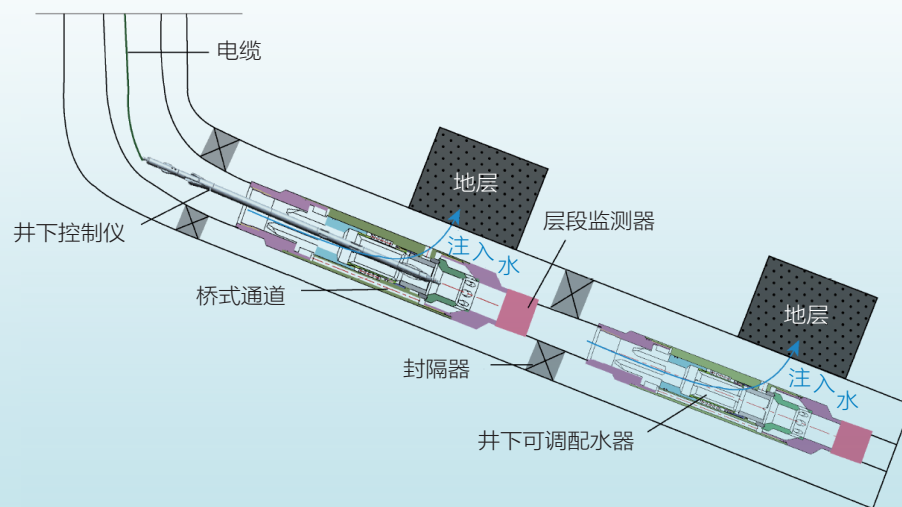
2. 过电缆封隔器

过电缆封隔器主要用于密封井下钢管电缆，在高压条件能够与正常封隔器一样实现坐封、解封、反洗井等功能。



2.2 大斜度井分层注水技术

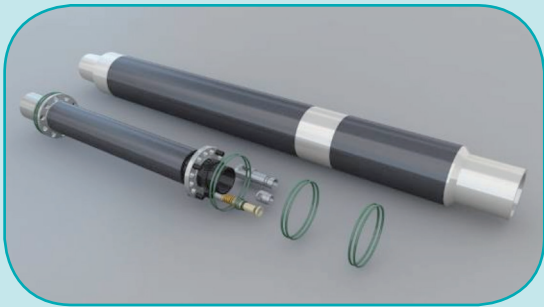
针对人工岛、大平台、海上油田注水井的生产需求，中国石油开发应用了大斜度井分层注水技术，其装置由地面控制系统、井下可调配水器、层段监测器、封隔器、井下球座、筛管和井下控制仪等组成。需要流量测调时，井下控制仪与可调配水器进行同心对接，地面控制系统在线监测当前层段的压力、流量和温度等参数，控制井下控制仪调节配水器水嘴开度，按照地质方案要求完成层段测调。配套的层段监测器用于长期连续监测注水过程中层段压力、温度等参数及压力恢复曲线记录等。



大斜度井分层注水装置结构示意图

1. 井下可调配水器

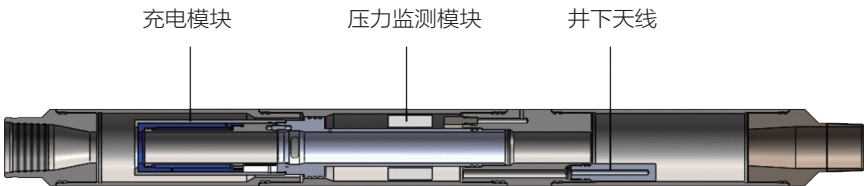
井下可调配水器长期工作在井下，主要由定位机构、调节结构、连续可调水嘴、桥式通道等部分组成，水嘴与配水器集成一体，无需投捞。配水器水嘴设计采用同心调节、偏心阀设计，具有漏失小、调节容易的特点。采用桥式通道设计，能够克服层间干扰带来的影响，可提高测调效率和测试精度。



井下可调配水器

2. 层段监测器

层段监测器配套井下可调配水器使用，主要由充电模块、压力监测模块和井下天线组成，压力监测模块监测油管压力和嘴后压力，监测的数据存储在存储模块中，数据可通过井下天线返回。



层段监测器结构示意图

3. 井下控制仪

井下控制仪用于实现封隔器在线验封和配注量直读测调，主要由压力传感器、流量计、控制电路、支撑臂、电控双皮囊、驱动总成和调节机构组成。需要进行测调作业时，通过电缆携带控制仪与井下可调配水器同心对接、同心调整，可在线监测分层流量、压力、温度等参数和动态调整配注量。



井下控制仪结构示意图

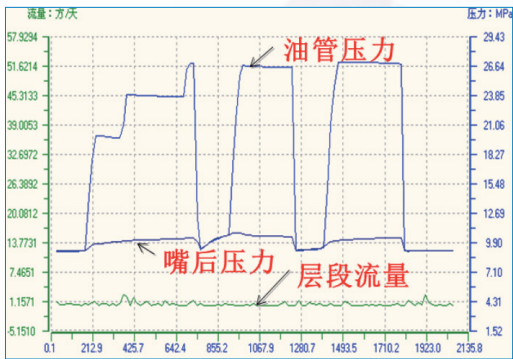
3

典型案例

分层注水实时监测与控制技术已在中国三个油田现场试验于 10 余口井，封隔器验封、流量调配和分层参数监测都无需动用测试车，进一步提高了测调效率和层段参数的监测水平。太斜度井分层注水技术已在中国六个油田现场应用于 80 余口井，最大井斜 59.4°，满足了人工岛、大平台、海上油田大斜度井、定向井和直井的分层注水和测调需求。

3.1 大庆油田北 3-1X- 丙水 2X4 井分层注水实时监测与控制效果显著

大庆油田北 3-1X- 丙水 2X4 井应用分层注水实时监测与控制技术已连续工作 18 个月，配注精度保持在 $\pm 10\%$ 以内，层段平均注水合格率 91.3%，砂岩厚度动用比例由 42.13% 提高到 51.92%，吸水剖面得到明显改善。

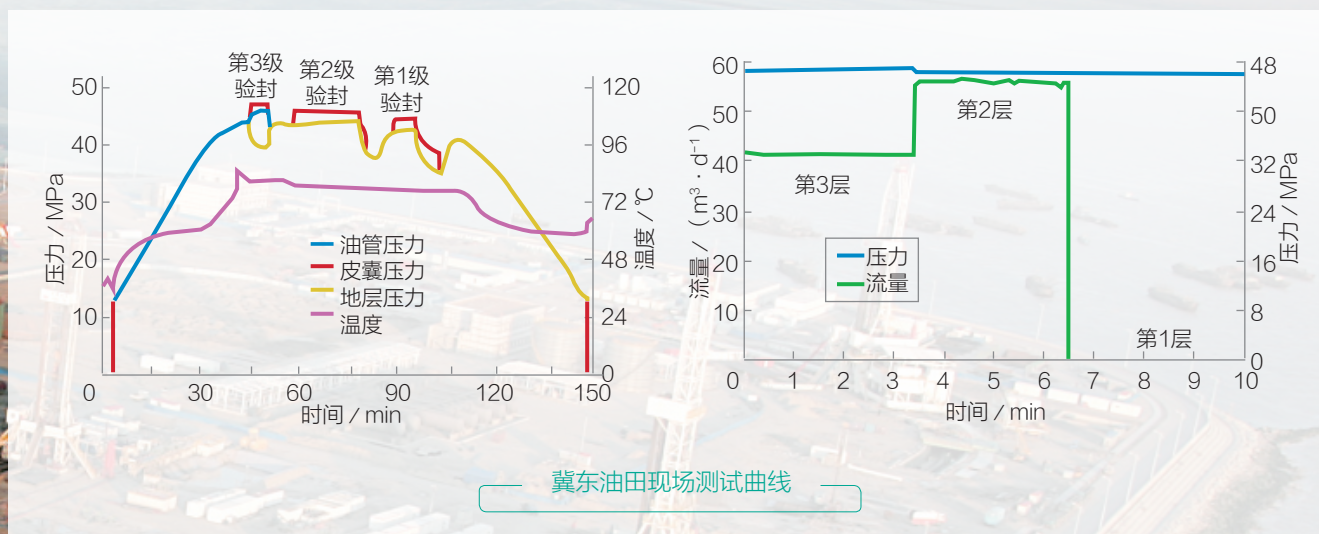


大庆油田现场测试曲线

3.2

冀东南堡油田 NP32-X30XX 大斜度井分层注水测调效率提高 50%

冀东南堡油田 NP32-X30XX 最大井斜 50.7° ，三级三段，2014 年管柱起出后采用了大斜度井分层注水技术，测调过程控制仪与井下配水器一次性成功对接，水嘴动作灵活、可靠，整个验封、测调过程在 1 天内完成，测调效率提高了 50%。



4

科研装备

中国石油具有优越的科研环境和实验条件，在分层注水方面试验设备丰富。中国石油集团科学技术研究院拥有 64 个实验室，其中包括 1 个国家级和 7 个集团公司重点实验室，拥有 400 多台（套）先进配套的大型科研实验装备，以及大型并行计算机、虚拟现实系统等先进的计算机硬件与配套的软硬件资源和强大的网络系统，能够用于分层注水技术模拟试验，包括流量计标定、压力计标定、电子电路试验、信号处理、振动试验、老化试验、封隔器试验、流量调配试验、数据分析和处理等。



国家级重点实验室



分层注采实验室

5

资质与标准

5.1

获奖情况

在分层注水技术领域具有多项奖项、标准和自主知识产权专利，曾获国家科技进步特等奖、国家技术发明二等奖及多项省部级奖项。



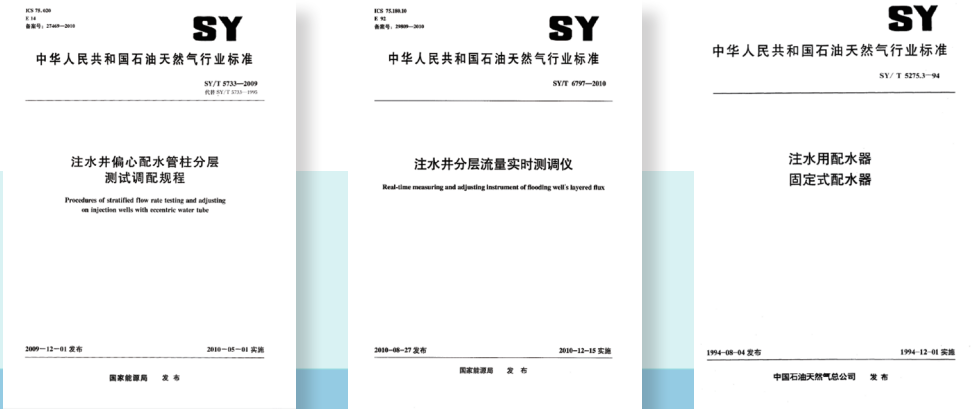
— 分层注水技术国家级奖励 —

5.2 标准

具有多项分层注水相关标准，其中行业标准**3**项，企业标准**7**项。

分层注水与实时监测技术标准表

序号	标准号	标准名称
1	SY/T 6797—2010	注水井分层流量实时测调仪
2	SY/T 5275.3—94	注水用配水器 固定式配水器
3	SY/T 5733—2009	注水井偏心配水管柱分层测试调配规程
4	Q/SY 1410—2011	偏心注水井分层流量测试调配技术规范
5	Q/SY DQ1621—2014	注水井分层流量实时测调仪校准规程
6	Q/ SY DQ0746—2001	偏心注水管柱验封测试及绘解规程
7	Q/ SY DQ0747—2001	偏心注水井分层流量测试调配操作规程
8	Q/ SY DQ0748—2001	偏心注水井分层流量测试资料验收及绘解规程
9	Q/SY DQ1206—2010	井下智能分层配水技术规范

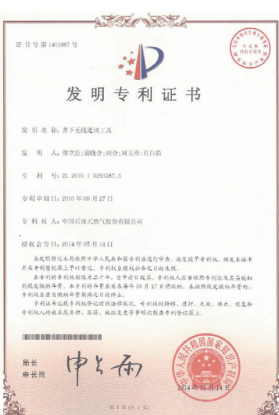
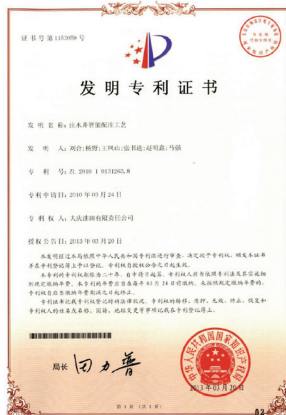


5.3 专 利

拥有发明专利 13 项，并获得中国专利优秀奖。

分层注水与实时监测技术标准表

序号	专利号	名称	类型
1	201210539350.6	力感定位投捞工具	发明
2	201010293302.4	可定位井下智能投捞器	发明
3	2013100386040	桥式同心连续可调配水器	发明
4	201310042378.3	桥式同心直读测调仪	发明
5	201010293316.6	智能化井下配水控制装置	发明
6	201010293287.3	井下无线通讯工具	发明
7	201010131278.4	注水井智能配注测试装置	发明
8	201010131263.8	注水井智能配注工艺	发明
9	201010137188.6	注水井智能配注仪器	发明
10	2011101620811	油田油水井井下专用水轮发电装置	发明
11	2009101808842	油田分层高压可调高分辨注水阀	发明
12	2008100976329	注水井井下智能控制调测系统	发明
13	201310112367.8	分层注水高压验封仪	发明



发明专利证书



中国专利奖

6

专家团队



王德民 中国工程院院士,教授级高级工程师,石油工业知名专家。在分层注水、分层开采、分层测试、三次采油等方面取得多项重大科研成果,先后获国家科技进步特等奖一项、国家科技进步一等奖二项、国家技术发明奖二等奖二项、何梁何利科技成就奖、国家科技进步二等奖、国家科技大会奖,以及省部级特等、一、二、三等奖等共 24 项奖励。在国内外核心期刊和重要学术会议上发表和宣读论文 40 多篇。获得国家专利 9 项、国外发明专利 3 项。著有 5 部专著和译著。



刘 合 教授级高级工程师,集团公司高级技术专家。长期从事采油工程科技创新与管理,获国家科技进步特等奖 1 项、二等奖 3 项,发明二等奖 1 项,省部级科技一等奖 8 项;获光华工程科技奖、孙越崎能源奖、黑龙江省特别奖、国际石油工程师协会(SPE)采油工程技术奖等。发表论文 70 余篇(其中 SCI 和 EI 分别收录 6、54 篇)。获发明专利 19 项。出版著作 3 部。



裴晓含 教授级高级工程师,集团公司高级技术专家。长期从事采油工程技术研究,在分层注采、三次采油、井筒仿生等方面取得重要突破,获国家科技进步奖 1 项,省部级科技创新奖 15 项。发表论文 25 篇,在国际学术会议上发表论文 5 篇,两次担任 SPE 国际学术会议分会主席。获国家发明专利 6 项。



王凤山 教授级高级工程师,技术专家。长期从事机械采油、分层注采、增产增注、三次采油等采油工程技术研究,获省部级科技成果奖 7 项。在国内外核心期刊发表论文 15 篇,EI 检索 12 篇;出版著作 3 部。授权专利 12 项,其中发明专利 5 项。组织和参加编写行业标准 5 项。



张书进 教授级高级工程师，技术专家。获中国石油天然气集团公司科技成果奖 1 项、中国专利优秀奖 1 项、省部级科技成果奖 5 项、大庆油田科技成果奖 3 项。在国内外核心期刊发表论文 13 篇，其中 EI 检索 10 篇、SPE 会议 3 篇，出版著作 2 部。获国家专利 20 项，其中发明专利 9 项。组织和参加编写行业标准 3 项。



肖国华 高级工程师，一级技术专家。主要从事采油工艺技术研究，在分层采油、分层注水、分层压裂及配套井下工具等领域研究，先后获省部级一等奖 1 项、三等奖 1 项；集团公司级一等奖 1 项、二等奖 3 项、三等奖 1 项。发表论文 22 篇。获得发明专利 2 项、实用新型专利 30 项、软件著作权 2 项。参与修订行业标准 2 项。



贾德利 教授。主要从事井筒控制技术的研究工作，在分层注水井下测试、井下通讯及调配方面取得多项科研成果，先后获省部级一等奖 1 项、二等奖 2 项、三等奖 1 项。发表论文 30 多篇，其中 SCI 检索 3 篇、EI 检索 22 篇。获发明专利 3 项。



郑立臣 高级工程师。主要从事分层注水、分层开采、分层压裂技术研究，在井下电控工具研究，井下流量计量、振动波井下数据传输、水平井控水、电控滑套压裂工具等方面取得显著成绩。发表论文 11 篇。获得发明专利 4 项、实用新型专利 29 项。

7

服务与培训

中国石油拥有注水专业领军人物和优秀的技术人才团队，以及先进的注水技术试验设备，可为客户提供满意的技术服务。

7.1 培训



中国石油在高含水油田方面具有完善的培训系统，定期开办培训班，拥有培训动画、室内实物操作及现场培训，也可根据特殊要求定制培训方案和内容，为客户提供个性化、标准化技术培训。

7.2 技术服务

中国石油建立了完善的技术支持服务体系，拥有集设计、施工、验封、测调及仪器设备维护等一体化的专业技术人员，可提供远程技术支持和诊断，及时、有效地解决工程问题。

7.3 服务联系人

项目联系人：孙福超 博士
中国石油勘探开发研究院采油采气装备所
地址：北京市海淀区学院路 20 号
电话：010-83598504
Email：fuchao.sun@petrochina.com.cn





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：

孙福超 先生
电 话：010-83598504
Email：fuchao.sun@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. Sun Fuchao
Tel: 010-83598504
Email: fuchao.sun@petrochina.com.cn

