

稠油注过热蒸汽开采技术

■ 2011 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

稠油注过热蒸汽开采技术使您的稠油开发经济高效!





目 录

简介	3
特色技术	5
典型案例	13
科研装备	15
资质与标准	16
专家团队	18



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 10513 万吨,生产天然气 725 亿立方米,加工原油 1.35 亿吨,全年实现营业收入 1.72 万亿元,实现利润 1727 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。

稠油注过热蒸汽开采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

自 20 世纪 80 年代以来，中国石油相继在辽河、新疆等稠油油田开展热采试验取得显著成效，注蒸汽热采已成为中国石油稠油开采的主要方式。为进一步提高注入油藏的蒸汽干度、提高热采效果，中国石油科研人员自 2004 年至今通过艰苦的科研攻关和大胆探索，研制出国际上首套使用普通锅炉软化水生产的湿蒸汽来生产过热蒸汽的装置在哈萨克斯坦肯基亚克盐上稠油油田成功投运，突破以往国际动力工程界公认的禁区，形成一整套稠油注过热蒸汽开采技术。

国际上稠油热采研究表明：提高注入油藏的蒸汽干度有利于提高稠油热采的采收率，大

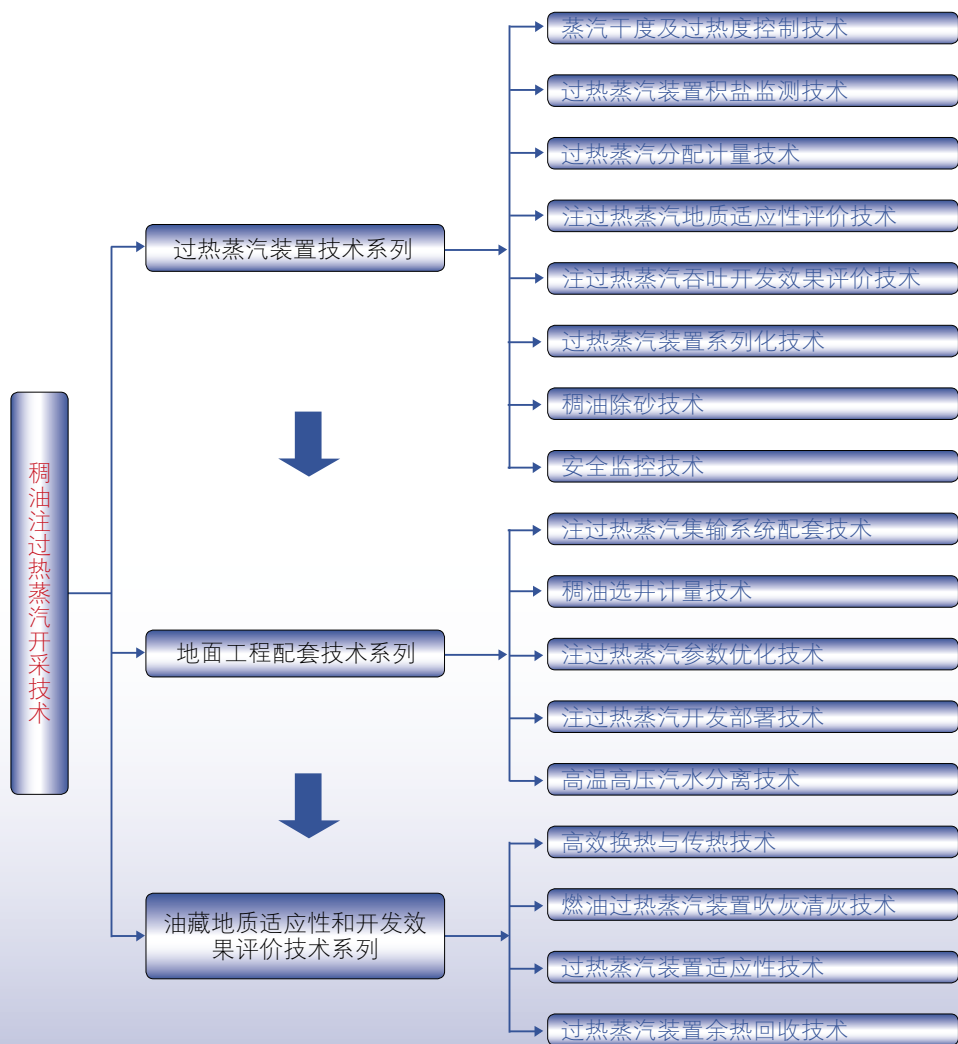
体上注入油藏的蒸汽干度每提高 10%，可提高稠油采收率 3% 左右，经济效益显著。传统热采锅炉采用只除硬不除盐的普通锅炉软化水作为锅炉给水，需保留 20% 的液态水来溶解并携带盐类，因此，热采锅炉出口蒸汽干度控制在不超过 80%，这样经管道及油井套管到达油藏目的层的蒸汽干度通常仅 50% 左右，严重影响到热采的实际采油效果。

中国石油稠油注过热蒸汽开采技术已应用于国内外的稠油、超稠油油田，如哈萨克斯坦肯基亚克盐上稠油油田、新疆油田和辽河油田等。



2 特色技术

稠油注过热蒸汽开采技术包括：过热蒸汽装置技术、地面工程配套技术、油藏地质适应性和开发效果评价技术三大特色技术系列。



1、过热蒸汽装置技术系列

本装置是根据稠油开发的实际需要而独立研制的新型热采装置。

● 特点

采用只除硬不除盐的普通锅炉软化水生产出来的湿蒸汽作为工作介质生产工艺要求的过热蒸汽。

● 技术参数

编号	项 目		参 数
1	额定蒸汽流量 , t/h		9.2、11.5、23
2	进口蒸汽干度		75% ~ 80%
3	装置出口温度 , °C		380 ~ 420
4	设计压力 , MPa		6.3、9.0、18
5	额定流量时炉管压降, MPa		≤ 0.5
6	燃料种类		重油、天然气、油气两用
7	排烟温度 °C	含空气预热器	160
		不含空气预热器	380
8	热效率	含空气预热器	90%
		不含空气预热器	78.5%

(1) 过热蒸汽装置适应性评价技术

过热蒸汽装置适应性评价就是运用流体自动检测手段，对普通锅炉软化水或深度软化处理过的稠油污水是否适应装置对水质的要求进行综合评价，以确保装置安全可靠地运行。

● 特点

由具体水质量化出装置对水质的适应标准。

● 适用范围

适用于过热蒸汽装置用湿饱和蒸汽时的检测评价。

(2) 高温高压汽水分离技术

高温高压汽水分离技术是指将高温高压湿饱和蒸汽进行高效汽水分离及控制的技术，可避免装置发生积盐爆管。

● 特点

可实现高温高压汽水两相流的高效分离与控制。

● 适用范围

适用于高温高压汽水两相流的高效分离。



应用于哈萨克斯坦肯基亚克盐上稠油油田的高温高压汽水分离器

(3) 高效换热与传热技术

高效换热与传热技术就是通过合理设计辐射及对流受热面和烟气流程，将燃料燃烧释放的热能，经受热面高效传递给被加热介质的技术。

● 特点

有效组织烟气流程、强化换热，可保证各受热面工作温度不超过管材安全工作温度。

● 适用范围

适用于油气田高效直接加热设备的设计与研发。

(4) 燃油过热蒸汽装置吹灰清灰技术

相对燃气而言，燃油过热蒸汽装置燃油时容易在管壁积灰，选用适当的吹灰方式并对炉膛结构改进以满足吹灰、清灰需要，即为燃油过热蒸汽装置的吹灰清灰技术。

● 特点

结合移动式弱爆炸波吹灰装置的特点在装置合适部位设置吹灰管，并在炉体底部设置清灰口，利用弱爆炸波吹灰方式实现对各受热面吹扫。

● 适用范围

燃油直接加热装置炉膛管壁积灰的吹扫。

(5) 过热蒸汽装置余热回收技术

过热蒸汽装置余热回收技术即利用余热回收装置对高温排烟余热进行回收利用，以提高装置热效率。

● 特点

利用烟气排烟余热加热助燃空气，以降低排烟温度、提高热效率。

● 适用范围

排烟余热回收利用。



空气预热器图

(6) 过热蒸汽装置系列化技术

过热蒸汽装置系列化技术就是按稠油热采常用湿蒸汽发生器额定参数，结合油田实际及可能的配置方式，优选确定出装置的经济负荷及配置方案，形成系列化和标准化参数。

(7) 蒸汽干度及过热度控制技术

蒸汽干度及过热度控制技术即通过在装置蒸发段和过热段设超温报警点，以控制进入装置的湿蒸汽干度及过热蒸汽的过热度。

● 特点

可有效控制装置的湿蒸汽干度及过热蒸汽

的过热度。

● 适用范围

稠油热采过热蒸汽装置。

(8) 过热蒸汽装置积盐监测技术

过热蒸汽装置积盐监测技术即运用蒸汽参数与积盐的规律关系，由炉管内蒸汽参数的变化来监测其积盐情况，以避免或减少积盐爆管。

● 特点

可按炉管积盐情况，实现全自动冲洗。

● 适用范围

油气田热采蒸汽发生器及过热蒸汽装置管路的积盐监测和不停炉冲洗。

2、地面工程配套技术系列

(1) 过热蒸汽分配计量技术

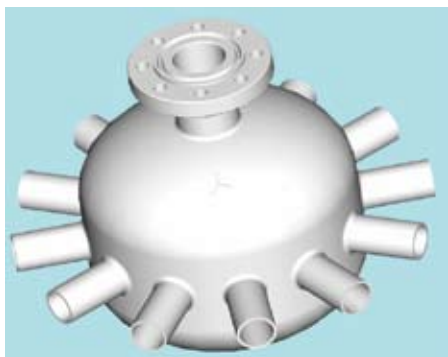
过热蒸汽分配计量技术即在单套装置同时向多口稠油井注汽时，采用一定的技术手段降低因各井注汽参数差异引起的注汽流量不同，实现过热蒸汽的科学分配、按需分配。

● 特点

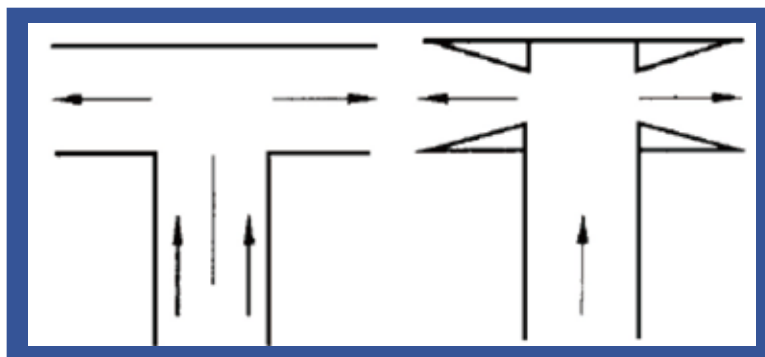
a、采用注采合一模式，可避免注汽与采油管路分别铺设所造成的成本增加；



新疆油田应用的燃气过热蒸汽装置
(GW4000—ZQ/18—Q)



球形蒸汽分配器示意图



“T 状”分配器示意图

b、采用球形分配器或 T 状管道分配过热蒸汽，用节流阀调节、均衡各井注汽量；

c、蒸汽流量可就地检测读取，也可由 RTU 实现注汽量累加、数据存储和报警及远程监控；

● 适用范围

适用于稠油油田注过热蒸汽开采或注湿蒸汽开采中的蒸汽分配及计量。

(2) 稠油选井计量技术

稠油选井计量技术即对稠油采出液进行自动选井计量的技术。

● 指标

可实现无人值守、自动选井计量；

计量精度： $\leq 1.5\%$ 。

● 特点

a、将 RTU 与数控多通阀相结合，实现无人

值守、自动选井计量；

b、采用计量分离器液位 PID 调节技术，保证气液分离效果。

● 适用范围

适用于稠油注过热蒸汽开采或注湿饱和蒸汽开采稠油采出液选井计量。



通阀选井间设备图

(3) 高温数控多通阀技术

高温数控多通阀是稠油选井计量技术的主要设备，是中国石油科研人员根据油气田的实际需要而研制的油气计量专用阀门。

● 特点

a、密封面材料采用耐高温、耐油、耐腐蚀材料；

b、可代替现有计量管汇及电动三通阀组，简化配汽计量站集输流程，实现橇装化无人值守的场站计量。

● 适用范围

油田矿场集输和油井自动化管理。

(4) 稠油除砂技术

稠油除砂技术即对稠油采出液中所含砂砾进行清除，以免砂砾通过管线、泵、阀门等集输系统设备时对其安全可靠运行产生较大影响，并降低其使用寿命。

● 特点

a、除砂效率高，投资低；

b、压降：100kPa。

● 适用范围

油气田稠油采出液除砂。



稠油除砂器

(5) 安全监控技术

安全监控技术即对生产过程监视与控制的技术，从功能上分为带远传功能的安全监控技术和不带远传功能的安全监控技术两种。

①带远传功能的安全监控技术

● 系统功能

a、可完成数据采集、数据处理、监控、报警管理等功能；

b、自动化程度高，操作简单，人机界面好，可远程监控。

● 适用范围

无线信号传输使用不受许可限制的油气田生产现场。

②不带远传功能的安全监控技术——上位机系统

● 系统功能

a、可通过上位机读取 RTU 的数据，并生成报表由移动硬盘读取；

b、负责现场生产数据的查询、系统参数组态、数据库管理和二次开发及整个自动化系统的日常维护等。

● 适用范围

需要安全监控的油气田生产现场。

(6) 注过热蒸汽集输系统配套技术

注过热蒸汽集输系统配套技术是指过热蒸汽自装置出口向井口传输过程中所涉及到的输汽管道材质选择及管道保温等技术。

● 特点

a、注采合一管道既能适应过热蒸汽的高温高压特性，又经济、便于采购；

b、保温材料既能满足管道的保温需求，又经济易施工。

● 适用范围

过热蒸汽输配管道。



注过热蒸汽集输系统图

3、油藏地质适应性和开发效果评价技术系列

(1) 注过热蒸汽地质适应性评价技术

注过热蒸汽地质适应性评价技术是通过一定的小层对比及测井解释等方法，确定适合注过热蒸汽的油藏筛选标准。

● 特点

- a、确定适合注过热蒸汽的油藏筛选标准；
- b、确定过热蒸汽热采油藏适应条件和注采参数；
- c、确定普通稠油油藏过热蒸汽开发部署的油藏筛选标准。

● 适用范围

油藏开发中的地质适应性评价。

(2) 注过热蒸汽吞吐开发效果评价技术

注过热蒸汽吞吐开发效果评价技术即建立注过热蒸汽开发效果综合评价系统，评价稠油油藏注过热蒸汽开发效果，优选热采井位。

● 特点

- a、优选影响注过热蒸汽吞吐效果的地质因数、开发因素及注汽参数；
- b、用模糊数学方法计算对稠油注过热蒸汽开发效果的影响各因素的因子值；
- c、形成稠油注过热蒸汽综合评价系统，为

提高稠油注过热蒸汽开采效果提供工具和手段。

● 适用范围

适用于开采效果预测、优选热采井位。

(3) 注过热蒸汽参数优化技术

稠油油藏注过热蒸汽参数优化技术即利用统计分析、数值模拟等手段来优化注汽参数，实现整个注采参数系统的优化调整。

● 特点

- a、优化注汽工艺参数；
- b、确定最佳注汽参数，合理焖井时间，合理排液量和过热蒸汽吞吐周期注汽递增量，实现整个注采参数系统的优化调整。

● 适用范围

稠油注过热蒸汽参数优选。

(4) 注过热蒸汽开发部署技术

优化注过热蒸汽开发方式，科学部署试验区热采方案，为油田上产奠定坚实基础。

● 特点

- a、选择确定合适的区域进行注过热蒸汽开发；
- b、优化注过热蒸汽井网井距和注采参数；
- c、优化确定开发井的部署方案。

● 适用范围

注过热蒸汽开发部署。

3

典型案例

(1) 哈萨克斯坦肯基亚克盐上稠油油田

自 2005 年 10 月到 2010 年 4 月，过热蒸汽吞吐井数累计达 209 口，单井增油 2 ~ 8t/d，生产周期长达 750 天，周期油汽比 1.4；油田自然递减由 2008 年的 13% 下降到 2009 年的 8%；占油田总井数的 22% 的吞吐井的产量 (440t/d)，占油田总产量的 35%；油田产量由吞吐前 2006 年的 33 万吨，增加到 2009 年 47 万吨，再次达到历史产量峰值。中油（国际）阿克纠宾油气股份公司 2007 年已确定把过热蒸汽热采作为肯基亚克盐上稠油开采的主要开发方式。



哈萨克斯坦肯基亚克盐上稠油注过热蒸汽试验现场

(2) 新疆油田稠油注过热蒸汽开采现场试验

新疆油田重油公司自 2008 年 7 月 4 日起开始国内首套过热蒸汽装置注过热蒸汽吞吐现场试验，2008 年 7 月在新疆油田 97 区推广应用 1 套，累计试验 5 口井 6 个井次，采出周期相对湿蒸汽热采延长 1 倍，而且采出水量多于注入蒸汽量，即把上一周期无法采出的存水也采了出来，采油效果好于常规湿蒸汽热采。



新疆油田稠油注过热蒸汽开采试验现场

4

科研装备



直读光谱仪

本装置依托中国石油集团工程设计有限责任公司科技开发中心、延庆电子实验室与工艺模拟实验室、江苏申港锅炉有限公司加工制造基地等条件，拥有多套专业设备：

直读光谱仪

直读光谱仪能分析钢中氮、铜中氧和有色金属中痕量元素，且在连续分析情况下可以较长时间不做仪器标准化。



金相显微镜

金相显微镜

用于半导体硅晶片、掩膜板，LCD 基板，电路板，固体粉末及其各种不透明工业试样的检验；也可作生物试样、金相试样、矿物试样及岩相试样的检验。



全自动冲击试验机

全自动冲击试验机

用于测定金属材料在动负荷下抵抗冲击的性能，判断材料在动负荷作用下的质量状况。



大型热处理炉

大型热处理炉

主要用于金属材料热处理，通过改变材料表面或内部的金相组织结构，来控制其性能。



X 光荧光探伤设备

X 荧光探伤设备

主要用于探测金属材料或部件内部的裂纹或缺陷。



工艺模拟实验室

工艺模拟实验室

主要用于湿饱和蒸汽与过热蒸汽工艺模拟。



电子实验室

电子实验室

主要进行油气田常用自动控制系统研发。

资质与标准

中华人民共和国 特种设备设计许可证 <i>Design License of Special Equipment</i> <i>People's Republic of China</i> (压力容器) 编号: TSG124019-2002		
单位名称: 北京海润石油天然气技术开发有限公司 单位地址: 北京市海淀区上地信息产业基地 22 号主楼 1 层 经营范围: 按照以下所列范围进行设计:		
种类	品种范围	备注
A1	固定容器	按照目录
A2	第三类釜、中压容器	
A3	球形储罐	



发证机关: 国家市场监督管理总局特种设备安全监察司 发证日期: 2012 年 8 月 6 日 有效期至: 2017 年 8 月 6 日

中华人民共和国

特种设备制造许可证

Manufacture License of Special Equipment

People's Republic of China

(锅炉)

编号: TSG1101-2011

单位名称: 江苏中锅锅炉有限公司
 注册地: 江苏省南通市特设管理局
 许可类别: 承压类第 1 类固定锅炉制造

4 级许可



发证机关: 国家市场监督管理总局 (国家)

有效期至: 2015 年 6 月 27 日

发证日期: 2014 年 7 月 4 日



CERTIFICATE OF AUTHORIZATION

This certificate awards the signed engineer an authority to use the individual name of the American Society of Mechanical Engineers (ASME) for the purpose of establishing a license of authorization with the applicable state or the ASME, State and Pressure Vessel Code. The use of the Code symbol and the authority granted by the Certificate Authorization are subject to the provisions of the authorization code in the application, any corresponding temporary seal number and have been made available in accordance with the provisions of the ASME Rules and Pressure Vessel Code.

CERTIFY:

 MANUFACTURE AND ASSEMBLY OF PRESSURE VESSELS OF THE STEEL, ALUMINUM, AND CAST IRON
 CONTROLLED BY THE ABOVE LICENSE

Angelo Tuma, Ruler, C., Ltd
 34 Francis Road, Orange
 Connecticut
 Orange, Providence 02807
 People's Republic of China

AUTHORIZED:

 EXPIRES

May 14, 2000
May 14, 2000

RECEIVED: **December 31, 2000**

CERTIFICATE NUMBER:

 (14-00)

John T. ...
 Chairman of The Board
 American Society of Mechanical Engineers

Alan ...



Director, Authorization and Certification

(副本)

质量管理体系认证证书

注册号

北京道威尔石油天然气技术开发有限公司

(北京市昌平区上庄镇黄草店村)

标准: GB/T19001-2008 / ISO 9001:2008

质量管理体系符合

GB/T19001-2008 / ISO 9001:2008 标准

认证范围: 石油天然气生产

北京道威尔石油天然气技术开发有限公司, 设计/开发服务及系统, 生产及安装, 销售及售后服务和石油天然气化学处理的设计开发, 生产和销售

发证日期: 2008年11月28日

有效期至: 2011年11月28日

注册号: 01010001000008

认证范围:

中国合格评定
国家认可委员会

北京道威尔石油天然气技术开发有限公司质量管理体系符合

GB/T19001-2008 / ISO 9001:2008 标准认证证书

认证范围: 石油天然气生产及系统, 设计/开发服务及系统, 生产及安装, 销售及售后服务和石油天然气化学处理的设计开发, 生产和销售

北京道威尔石油天然气技术开发有限公司

[illegible]

6

专家团队



林宗虎 著名热能工程专家，中国工程院院士，国家级有突出贡献专家，西安交通大学学术委员会副主任。现任西安交通大学热能工程系教授，热能工程专业博士生导师，流体机械国家工程研究中心学术委员会主任。主要从事气液两相、沸腾传热、多相流测量研究。发表论文近 80 篇。在国内外正式出版的著作有 13 部，获国家自然科学基金三等奖、国家教委科技进步一等奖及其他省部级科技奖 12 项和中国专利 4 项。

TEI : 15902918899

E-mail : zh-lin@mail.xjtu.edu.cn



刘喜林 教授级高级工程师，博士生导师。主要从事采油工程。先后在国际、国内不同刊物上发表论文 22 篇，获得省、部级科技成果奖 7 项；局级科技成果及管理奖 25 项；先后多次被评为省、总公司、局先进科技工作者，受聘大庆石油学院和沈阳工业大学兼职教授。

TEI : 13909876538

E-mail : liuxilin@cnpc.com.cn



范子菲 教授级高级工程师，美国石油工程师学会会员，中国石油学会会员。长期从事油气田开发研究、开发规划和油气田开发方案编制工作。科研方面获国家科技进步二等奖 1 项，集团公司科技进步一等奖 2 项，集团公司科技进步二等奖 3 项。在国内外核心期刊杂志发表论文 20 多篇。

TEI : 13331002323

E-mail : fanzifei@cnpc.com.cn



张学鲁 高级技术专家，教授级高级工程师。主要从事采油、地面工程技术和管理工作。主持和组织开展了数十项采油新工艺新技术的研究、试验和推广，并荣获自治区和集团公司级科技成果奖 8 项，油田公司级 9 项，获优秀论文奖 3 篇。专利 10 项。出版技术著作 2 部，发表论文 6 篇。

TEL : 13709903760

E-mail : zhangxuelu@cnpc.com.cn



朱新立 中国石油集团工程设计有限责任公司重大科技项目首席专家。长期从事热能工程、稠油开采等工作。组织开展多项设计、科研工作，并承担 5 项中国石油集团科研课题，获得国家知识产权局 5 项专利授权，取得中国石油集团科技进步奖 2 项，中国石油与化学工业协会科技进步奖 1 项。发表各类论文 30 余篇，参与编写专著 2 部。

TEL : 13501026836

E-mail : zhuxinli@cnpc.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

