



劣质重油加工新技术

■ 2013 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

中国石油劣质重油加工新技术，
为资源高效应用加油助力！





目 录

1 简介	3
2 特色技术	5
3 典型案例	23
4 科研装备	26
5 资质与标准	33
6 专家团队	36



中国石油

中国石油天然气集团公司（简称“中国石油集团”，英文缩写：CNPC）是根据国务院机构改革方案，于1998年7月在原中国石油天然气总公司的基础上组建的特大型石油石化企业集团，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2012年国内生产原油1.1亿吨，生产天然气798.6亿立方米，加工原油1.91亿吨，全年实现营业收入2.69亿元，实现利润1391亿元。

2012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4位，在《财富》杂志全球500家大公司排名中位居第6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。

劣质重油加工新技术就是具有代表性的重大创新成果之一。

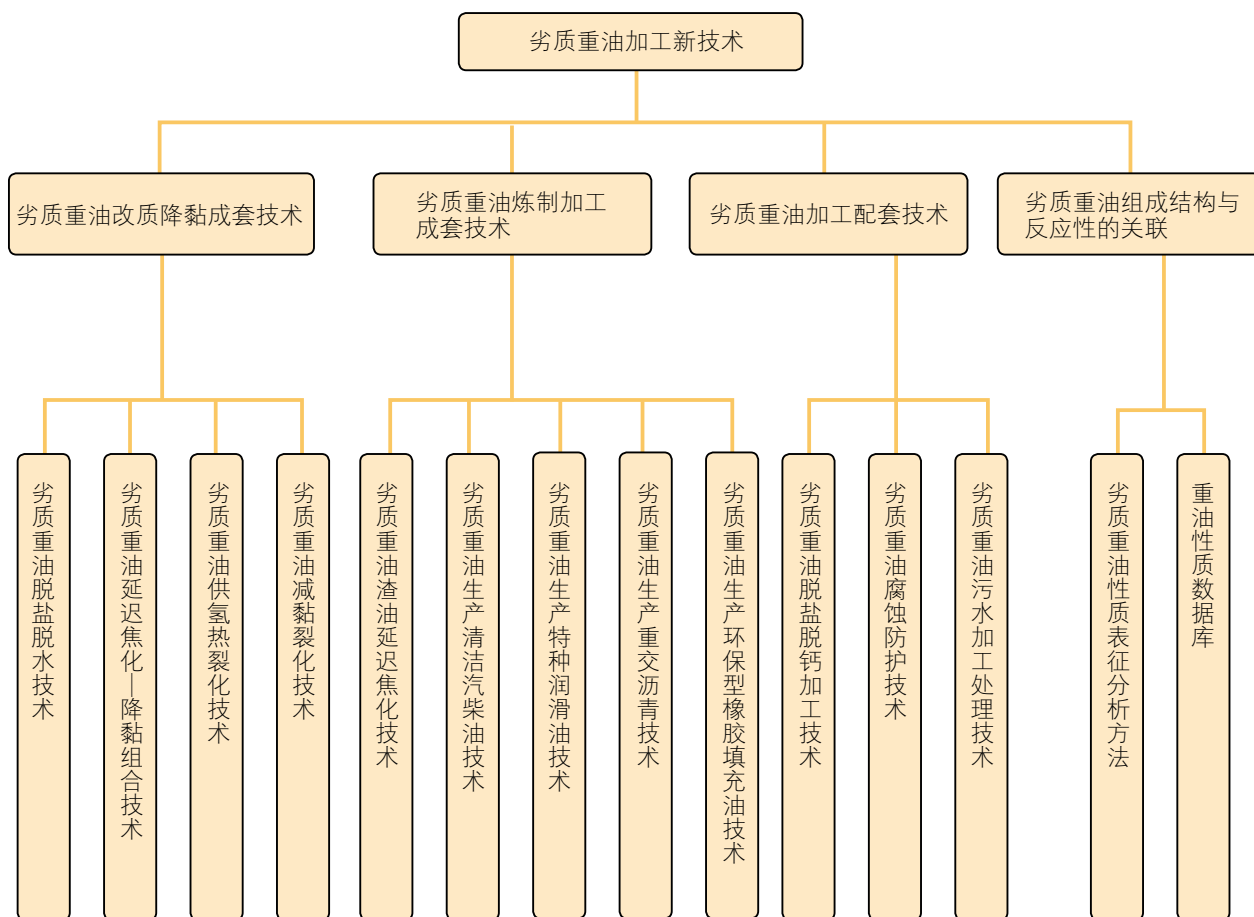
奉献能源 创造和谐

1

简介

结合海外劣质重油开发利用的需要，中国石油组织开发了以超稠油、超重油和油砂沥青等为代表的劣质重油加工新技术。成功开发出了供氢热裂化、延迟焦化、生产沥青、腐蚀防护、

污水处理等关键技术及全球首套重质原油数据库，拥有国内外发明专利、技术秘密、标准和软件著作权 133 项。



2

特色技术

2.1 劣质重油改质降黏成套技术

劣质重油改质降黏成套技术包含劣质重油脱盐脱水技术、延迟焦化—降黏组合技术、供氢热裂化技术和减黏裂化技术。

2.1.1 劣质重油供氢热裂化技术

供氢热裂化技术 (HDT) 是指在渣油热裂

化过程中掺兑一定量的供氢剂，部分终止热裂化过程中生成的大分子自由基，实现提高渣油转化率、改善渣油胶溶能力，进而提高生成油储存稳定性的技术。

技术特点

- 优选出适宜的供氢剂馏分，优化了工艺参数。



劣质重油改质油长周期储存稳定性管柱装置



劣质重油供氢热裂化工业应用装置

- 委内瑞拉大于 420℃ 减压渣油，经过供氢热裂化（HDTC）和调和后，改质油能达到 50℃ 运动黏度控制在 200mm²/s 左右，API 度达到 11 ~ 12，稳定储存 90 天不分层的技术指标。

适用范围

适用于委内瑞拉井口油的改质降黏加工，降低原油黏度，改质油达到长期储存稳定性要求，满足委内瑞拉超重油长期输送的技术要求。



2.1.2 劣质重油减黏裂化技术

减黏裂化是一种以渣油为原料的浅度热裂化过程，其生产目的是把重质高黏度渣油通过浅度热裂化反应转化为较低黏度和较低倾点的燃料油，以达到燃料油的规格要求。

技术特点

- 优化了减黏裂化工艺参数。
- 委内瑞拉大于 350℃ 常压渣油，经过减黏裂化和调和后，改质油 50℃ 运动黏度能控制在 200mm²/s 左右，API 度达到 11 ~ 12，稳定储存 90 天不分层。



适用范围

对委内瑞拉大于 350℃ 常压渣油、大于 420℃ 减压渣油进行减黏裂化后，再与原油调和降低原油黏度，改质油达到长期储存稳定性要求，满足委内瑞拉超重油长期输送的技术要求。



2.2 劣质重油炼制加工成套技术

中国石油劣质重油炼制加工成套技术包含劣质重油渣油延迟焦化技术、渣油梯级分离技术、生产清洁汽柴油技术、生产特种润滑油技术、生产重交沥青技术和生产环保型橡胶填充油技术。中国石油针对目前世界最劣质的原油，开发出了一套成熟可靠的技术方案。





2.2.1 劣质重油渣油延迟焦化技术

延迟焦化工艺是一种重油深度热转化工艺，具有原料适应性强、转化深度高、投资费用低等特点，并且其产品焦化汽油经过加氢后是较好制乙烯的原料；焦化柴油具有较高的十六烷值；焦化干气和富气是制氢的好原料。焦化工艺优势明显，已成为重质油改质和零排放首选工艺之一。

技术特点

- 抑制生焦，优化了延迟焦化工艺参数，形成了430万吨/年劣质重油延迟焦化工艺包。
- 通过对加热炉、焦炭塔、分馏系统进行改造，可以使液收提高，能耗大幅降低。
- 通过采用优化的减黏—焦化组合工艺，与单独延迟焦化相比，总液收可提高5%，焦炭产率降低1.5%。





适用范围

委内瑞拉超重油减压渣油、委内瑞拉 MEREY16 减压渣油、辽河超稠油减压渣油、克拉玛依风城超稠油减压渣油。



2.2.2 劣质重油生产重交沥青技术

重交道路石油沥青主要用于高速公路、机场等重交通量道路。要求道路沥青要有更好的承载和耐磨能力。一般由低蜡的环烷基原油来制取。劣质重油生产重交沥青技术以委内瑞拉超重油、辽河超稠油为原料制取的重交沥青，产品质量满足标准。

技术特点

- 优化利用辽河稠油低温性能优异的特性，成功开发出直馏、改质—蒸馏三种生产重交沥青的加工工艺，产品满足技术要求。
- 以工业生产的沥青为基质沥青，开发出高性能改性沥青产品。



适用范围

适用于委内瑞拉超重油、辽河超稠油生产高性能重交沥青。

2.2.3 劣质重油生产环保型橡胶填充油技术 技术特点

以克拉玛依风城超稠油为原料进行常减压蒸馏，得到变压器油馏分油、减二线馏分油、减三线馏分油、减四线馏分油和渣油等试验用油。通过三段高压加氢工艺，可以获得满足技术指标研发要求的KN4006、KN4010、KN4016 橡胶填充油。

以辽河糠醛抽出油为原料，采用改进的糠醛为溶剂直接精制，可以提高精制油的收率，在适宜的条件下，可以制出 CA 值在 18.0% 以上、各项环保指标满足欧盟环保指令要求，其收率在 40.0% 左右。

● 针对辽河稠油生产的芳烃油特点，通过对传统溶剂精制工艺加以改进，创造性地开发出了一种新的工艺技术，在国内首次以富含芳烃的辽河稠油糠醛抽出油为原料，生产出了具有较高芳烃含量的满足欧盟环保法规要求的环保橡胶油。



2.3 劣质重油加工配套技术

劣质重油加工配套技术包含劣质重油脱盐脱钙技术、腐蚀防护技术和污水加工处理技术。中国石油除了提供劣质重油炼制加工成套技术外，还开发出了一套与之相配套的技术方案。劣质重油金属含量很高，脱除难度很大，若不能完全脱除，对后续加工会有很大影响。高硫氮含量对设备腐蚀影响很大，要重视腐蚀防护。炼厂废水中也会含有较多的金属、烃类、含硫化合物等污染物，不加处理地排放必然会严重污染环境。中石油为您提供一系列炼制加工配套技术保障，解决加工劣质重油加工中存在的问题。



2.3.1 劣质重油脱盐脱钙加工技术

在原油加工过程中，有机钙盐分解成钙沉淀物而影响生产，钠盐对装置腐蚀作用很强。在适宜条件下，对现有脱盐技术进行优化，达到劣质重油脱盐脱钙的目的。

技术特点

- 完善优化了原油脱钙装置的结构。
- 建立和配套了在线分析技术，解决了工业化过程中关键数据分析滞后的问题。

- 优化了再生反应器设计参数，使间歇式操作优化为连续式操作，提高了装置的自动化程度。装置运行平稳。

- 提出了超稠油掺稀电脱盐的工艺技术方案，解决了高含水稠油对电脱盐装置冲击大、脱水难的问题。

适用范围

适用于以克拉玛依风城超稠油为代表的劣质重油脱盐脱钙加工。



2.3.2 劣质重油腐蚀防护技术

原油中本身存在的一些物质，如 NaCl、CaCl₂ 等无机盐发生水解生成 HCl，或者是硫化物，如 H₂S、S、硫醇等就对装置有很强的腐蚀能力。开采运输加工中加入的一些助剂，也可能对装置发生腐蚀作用。通过采取适当的工艺防腐措施，可以降低腐蚀作用效果，达到装置长期平稳运行的目的。

技术特点

- 优化国内现有高硫高酸原油加工防腐技术，形成了高硫含酸原油加工成套腐蚀防护技术。
- 筛选适合的低温缓蚀剂和配套的工艺防腐注剂方案，制订腐蚀检测技术方案，能够满足劣质重油加工装置设备防腐蚀的需要。



- 以多支化空间体形的曼尼希碱缓蚀组分为关键组分，分别制备出针对克拉玛依低凝稠油、风城超稠油和委内瑞拉超重油加工的 NS-1、NS-2、NS-3 三个牌号防腐缓蚀中和剂，缓蚀率可达 90% 以上。

- 制备出的脱钙缓蚀剂，缓蚀率可以达到 98% 以上，达到了国内领先水平。

适用范围

适用于委内瑞拉超重油、辽河超稠油、克拉玛依风城超稠油等劣质重油加工装置的防腐工艺需求。



2.3.3 劣质重油污水加工处理技术

劣质重油具有酸值高、密度大、黏度大、胶质和沥青质含量高、金属含量高等特点，其加工污水的污染物含量高，成分复杂，采用常规污水处理工艺难以实现达标排放。通过采用环流气浮技术和源头控制技术对炼厂污水进行处理，可以达到国家排放标准。

技术特点

- 劣质重油加工污水含油量高、乳化严重，通过中石油自主研发的表面活性剂及环流气浮分离相结合的技术，对各种劣质重油加工污水处理后除油率均可达到 95% 以上。
- 优化了环流气浮与生物降解组合技术，能使劣质重油加工污水 COD 脱除率达到 80% 以上。
- 研发的污水处理成套技术实现了劣质重油加工污水的达标排放，综合达标率 100%。



环流气浮分离塔试验装置

适用范围

适用于委内瑞拉超重油、辽河超稠油、克拉玛依风城超稠油等劣质重油加工污水处理加工，污水排放指标满足国家标准。

1

替代传统的曝气池
substitution of ALR for aeration basin

2

厌氧—好氧耦合处理难降解有机物
Aerobic-anaerobic coupled in ALR

3

现场一体化小型处理设备
Site-integrated airlift bioreactor system

多级环流塔式污水处理技术开发

3 典型案例

3.1 劣质重油供氢热裂化技术 (HDTc)

2009 年，广东高富 40 万吨 / 年装置成功开展工业试验。2010 年，辽河石化 100 万吨 / 年装置成功实现工业应用。

反应器入口温度 (°C)	420	425	420
生成油主要性质			
黏度 (50°C) (mm ² /s)	2191	956.9	1296.0
稳定性 (S 值)	2.0	6.4	2.3
斑点试验, 级	I	I +	I +
甲苯不容物 (m%)	0.01	0.03	0.09
改质油主要性质			
黏度 (50°C) (mm ² /s)	132.5	113.6	114.8
稳定性 (S 值)	0.1	0.1	0.1
斑点试验, 级	I	I +	I +
甲苯不容物 (m%)	0.007	0.02	0.07

	项目	流量 (万吨)	收率 (%)
入方, 472 万吨	劣质重油	400	100
	稀释剂	72	
出方, 472 万吨	气体	7.56	1.89
	稀释剂	72	
	合成油	392.44	98.11



广东高富 40 万吨 / 年装置



辽河石化 100 万吨 / 年装置

3.2 劣质重油渣油延迟焦化技术

2011 年，辽河石化 100 万吨 / 年延迟焦化装置成功进行了委内瑞拉超重油延迟焦化技术的工业应用，标志着中国石油成为继美国福斯特惠勒公司和康菲公司之后全球第三家拥有完全自主委内瑞拉超重油焦化技术产权的公司。



辽河石化 100 万吨 / 年延迟焦化装置

项目	循环比 0.3	循环比 0.1	循环比 0.6
	收率 (%)	收率 (%)	收率 (%)
干气	9.44	7.95	10.88
液化气	2.36	2.05	2.56
汽油	12.58	11.23	14.81
柴油	37.57	31.31	39.15
蜡油	8.03	20.15	0.44
甩油	2.17	1.83	2.52
焦炭	27.71	25.35	29.54
损失	0.14	0.13	0.1
轻收	50.15	42.54	53.96
液收	58.18	62.69	54.4
总收率	99.86	99.87	99.9

3.3 劣质重油生产重交沥青技术

2010 年，劣质重油生产重交沥青技术在辽河石化 100 万吨 / 年沥青生产装置成功进行了工业应用。

根据委内瑞拉超重油分子量大，沥青质含量高的特性，开发了与辽河稠油混炼轻度热裂化技术，已生产出高低温性能优良的沥青 60 余万吨，新增效益 3 亿多元。

2011 年昆明机场第二跑道新建项目应用，承揽了全部沥青供应。



辽河石化 100 万吨 / 年沥青生产装置



委内瑞拉超重油生产重交沥青应用现场

分析项目		AH-90	AH-70	AH-110	实验方法
25℃ 针入度 (1/10mm)		64.6	84.9	105.6	GB/T 4509
软化点 (℃)		48.8	47.5	43.5	GB/T 4507
针入度比 25℃ (%)		56.2	53.5	51.1	GB/T 4509
延度, 5cm/min	15℃	16.0	27.0	79	GB/T 4508
	10℃	6.3	8.5	30.0	
60℃ 动力黏度 (Pa·s)		340	299	340	T0620-2000
路用性能分级		70 ~ 22	70 ~ 22	64 ~ 22	

4

科研装备

■ 中国石油石油化工研究院

◇ 拥有各类重油性质组成分析评价设备 / 装置百余套。

◇ 拥有国际先进水平、装备完善的中试基地，能够进行各类中试研究。



X-射线衍射仪（左）
X-射线荧光光谱仪（右）



全二维气相色谱-飞行
时间质谱联用



气相色谱仪

■ 中国石油辽河石化公司

◇ 原油年生产力达 450 万吨的大型现代化石油化工企业。

◇ 拥有一套先进的炼油加工装置技术，可生产燃料油、润滑油、道路石油沥青和聚丙烯四大系列几十个品种产品。

◇ 沥青年产量已占全国的 1/6，市场占有率已占全国的 1/10，位居国内第一。

◇ 以特有的低凝环烷基原油资源优势，在已开发出的变压器油、冷冻机油、船用柴油机油、全损耗系统用油、工业齿轮油、空气压缩机油、橡胶填充油、锂基润滑脂料等润滑油产品的基础上，进一步完善生产工艺，开发出优质高档的润滑油产品。



100 万吨 / 年延迟焦化装置



100 万吨 / 年供氢热裂化装置



100 万吨 / 年减黏裂化装置



污水处理环流气浮分离塔装置



■ 中国石油克拉玛依石化公司

◇ 原油年生产力达 500 万吨的大型现代化石油化工企业。

◇ 拥有各类生产装置 39 套，固定资产原值 49 亿元。目前公司稠油加工装置开工周期已达到 3 年，运行水平创造国内石化行业先进水平。

◇ 加工手段灵活，工艺技术先进，产品种类齐全，并始终站在市场前沿，研发试销对路的新产品。在国内率先研制生产了超高压变压器油、KN 系列高档橡胶油等产品。



减黏—焦化中试装置

◇ 建成了集原油评价、石油产品开发、石油加工工艺、精细化工、微生物工程于一体的综合性科研机构，形成了变压器油、沥青、橡胶油、内燃机油、齿轮油、精细化工等多个产品研发系列。

■ 其他劣质重油加工单位科研装备



锦州石化焦化中试装置

5

资质与标准

主要专利

- 201010283025.9 一种烃油脱金属工艺
- 201010283241.3 一种烃油脱金属剂的循环使用方法
- 201110277535.X 一种优选延迟焦化加热炉出口温度的方法
- 201110231630.6 一种评价重质渣油稳定性的方法
- 201120503695.7 一种防止延迟焦化分馏塔下部结焦脱过热洗涤装置
- 201110380287.1 一种延迟焦化装置分馏塔在线洗盐的工艺方法
- 201120525072.X 一种延迟焦化装置加热炉不停工适时烧焦系统
- 201010578968.4 一种供氢热裂化方法
- 201010578975.4 一种劣质重油加工的组合工艺
- 201120143703.1 延迟减黏裂化装置
- 201110118039.X 延迟减黏裂化装置
- 201110277535.X 一种优选延迟焦化加热炉出口温度的方法
- 201110231630.6 一种评价重质渣油稳定性的方法
- 201120503695.7 一种防止延迟焦化分馏塔下部结焦脱过热洗涤装置
- 201110380287.1 一种延迟焦化装置分馏塔在线洗盐的工艺方法
- 201120525072.X 一种延迟焦化装置加热炉不停工适时烧焦系统
- 200920107142.2 一种超稠油污水进行深度处理装置
- 200910081479.5 一种超稠油污水进行深度处理的方法
- 201120523563.0 劣质重油加工深度污染水生化性能调控工艺装置
- 201110418658.0 劣质重油加工污水升级达标处理工艺
- 201120526325.5 一种劣质重油污水净化与生化降解耦合装置
- 201110418825.1 一种劣质重油污水净化与生化降解耦合工艺
- 201110238857.3 一种多支化的曼尼希碱缓蚀剂及其制备方法
- 201110240108.4 曼尼希碱脱钙缓蚀剂及其制备和使用方法
- 201110238858.8 曼尼希碱缓蚀剂及其制备方法

- 201110240414.8 金属防腐用缓蚀中和剂及其制备方法
- 201010218651.X 处理废水中重质乳化油的方法
- 200910236167.7 一种劣质蜡油加氢处理的方法
- 201010578980.5 一种提高劣质蜡油加氢处理催化剂活性的方法
- 201010578970.1 一种脱除劣质蜡油中氮化物的方法
- 201110314562.X 一种冷冻机油基础油的制备方法
- 201010578980.5 一种降低变压器油低温流动性的方法
- 201110056086.6 一种提高变压器油抗析气性能的方法及生产变压器油的设备
- 201120059860.4 一种生产变压器油的设备
- 201120146454.1 超稠油生产道路石油沥青的装置
- 201110119790.1 超稠油生产道路石油沥青的装置和方法
- 200810223448.4 一种高芳烃环保橡胶油的生产方法
- 200820122919.8 一种高芳烃环保橡胶油的生产装置
- 201020513895.6 一种橡胶填充油的生产装置
- 201020513899.4 一种芳烃型橡胶填充油的生产装置
- 201120059918.5 一种环保橡胶填充油的溶剂精制设备
- 201120059763.5 一种生产环保橡胶填充油的溶剂精制设备
- 201120059617.2 一种环保橡胶填充油的生产方法
- 201110054614.4 一种生产环保橡胶填充油的溶剂精制方法和设备
- 201110054612.5 一种提高环保橡胶填充油芳烃含量的原料优化方法
- 201110055775.5 一种生产环保橡胶填充油的溶剂精制方法和设备
- 201020513893.7 一种提高低硫沥青针入度指数 PI 值的装置
- 201110315374.9 超稠油废水的除油污方法
- 201120240922.1 一种乳化油污水气浮处理装置
- 201110314545.6 超稠油污水的气浮—生化方法及设备
- 201110380234.X 一种高钙有机废水的处理方法
- 201110380288.6 一种含乙酸盐工业有机废水的处理工艺

共获得软件著作权 2 项，企业标准 1 项，国际权威机构认证证书 3 项。



6

专家团队



蔺爱国 高级技术专家，教授级高级工程师。现任中国石油天然气股份有限公司总工程师兼石油化工研究院院长，重质油国家重点实验室学术委员会副主任，长期从事炼油化工业务发展规划、劣质重油加工技术开发与工业应用、炼油系列催化剂研发与工业应用工作，获 10 余项发明技术专利，发表论文多篇。
Email : xuepeng@petrochina.com.cn



付兴国 高级技术专家，教授级高级工程师。现任中国石油天然气股份有限公司石油化工研究院副总工程师兼重油加工研究室主任，长期从事重油加工技术开发与工业应用、生物燃料生产技术开发与工业应用、清洁燃料标准研究与制定等工作，获省部级科技奖励 10 余项，获国内外授权发明技术专利 30 余项，发表论文 50 余篇。
电话：010-52777112
Email : fuxingguo8@petrochina.com.cn



谢崇亮 高级技术专家。现任华东勘察设计院副总经理、总工程师。长期致力于延迟焦化等重质油轻质化装置的工程设计及相关技术的开发应用以及大型炼油厂全厂优化设计。主持参与完成炼化工程设计和科研开发项目 30 余项，获全国优秀工程设计铜奖 1 项、省部级优秀工程设计和咨询一、二等奖 10 余项，发表论文 10 余篇。
电话：0532-80950007
Email : xiechongliang@cnpccci.cn



甄新平 高级技术专家，教授级高工。现任中国石油克拉玛依石化公司炼油化工研究院院长。参与实施完成的“环烷基原油生产高端产品技术研究开发与工业化应用”项目，2011 年获得国家科技进步奖一等奖。获得省部级科技成果 12 项。发表论文 10 余篇。
电话：0990-6881996
Email：zhenxp_ksh@petrochina.com.cn



黄 鹤 高级技术专家，教授级高工。现任辽河石化科技处副处长。主要从事稠油、超稠油资源评价和工艺研究，负责石油沥青、环烷基特种工艺用油等特色产品的研制开发工作。获 4 项专利。发表论文 20 余篇。
电话：0427-7659373
Email：huanghe_a@petrochina.com.cn



张志华 高级技术专家，教授级高工。现任石油化工研究院大庆化工研究中心副主任。发表论文 60 余篇，获发明专利 29 项；获中国专利优秀奖 2 项，集团公司技术创新一等奖 2 项，二等奖 2 项，股份公司技术创新一等奖 2 项、二等奖 1 项，黑龙江省科技进步二等奖 2 项，黑龙江省省长特别奖 1 项。
电话：0459-6743253
Email：zhangzhihua@petrochina.com.cn



熊良铨 高级技术专家，高级工程师。现任中国石油克拉玛依石化公司炼油化工研究院副院长。参与实施完成的“环烷基原油生产高端产品技术研究开发与工业化应用”项目，2011 年获得国家科技进步奖一等奖。获得科技成果 20 项，获专利 5 项。发表论文 15 篇。
电话：0990-6231607
Email：xlqkmy@petrochina.com.cn



赵愉生 高级技术专家，教授级高工。现任石油化工研究院渣油加氢催化剂研究室主任。主持、承担完成了“常压渣油加氢处理催化剂国产化”、“渣油加氢装置技术改造及上流式保护剂的工业应用”、“固定床渣油加氢处理催化剂研究开发”等一批国家和省部级重大项目。获得省部级科技奖励 4 项。获专利 36 项。发表论文 20 余篇。

电话：010-52777223

Email：zhaoyusheng1@petrochina.com.cn



王宗贤 中国石油大学（华东）教授，博士生导师，主要研究领域为石油化学与加工。主持和参加国家、省部级科研项目 30 多项，获得科研与教学成果奖 13 项，发明专利 15 项。发表论文 150 多篇，其中被 SCI、EI 和 ISTP 收录 70 多篇。

电话：15953225269

Email：zxwang@upc.edu.cn



赵锁奇 中国石油大学（北京）教授，博士生导师。现任重质油国家重点实验室副主任，负责实验室国际合作与交流，中国化学工程学会超临界流体学组副主任兼秘书长，国际期刊 Petro. Sci. & Tech. 编委。获发明专利 3 项，美国、法国和加拿大发明专利各 1 项，2 项国家软件著作权，发表论文 140 余篇。

电话：010-89739015

Email：sqzhao@cup.edu.cn



联系人：刁顺 先生
电 话：86-10-5998-6059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

Contact: Mr. Diao Shun
Tel: 86-10-5998-6059
Email: sdiao@cnpc.com.cn



