



高压螺纹锁紧环 换热器制造技术

2016年



中国石油天然气集团公司科技管理部

加氢换热，尽在掌握
——螺纹锁紧环换热器



目 录

1

简 介 / 4

2

特色技术 / 6

3

典型案例 / 11

4

科研装备 / 14

5

资质与标准 / 16

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。

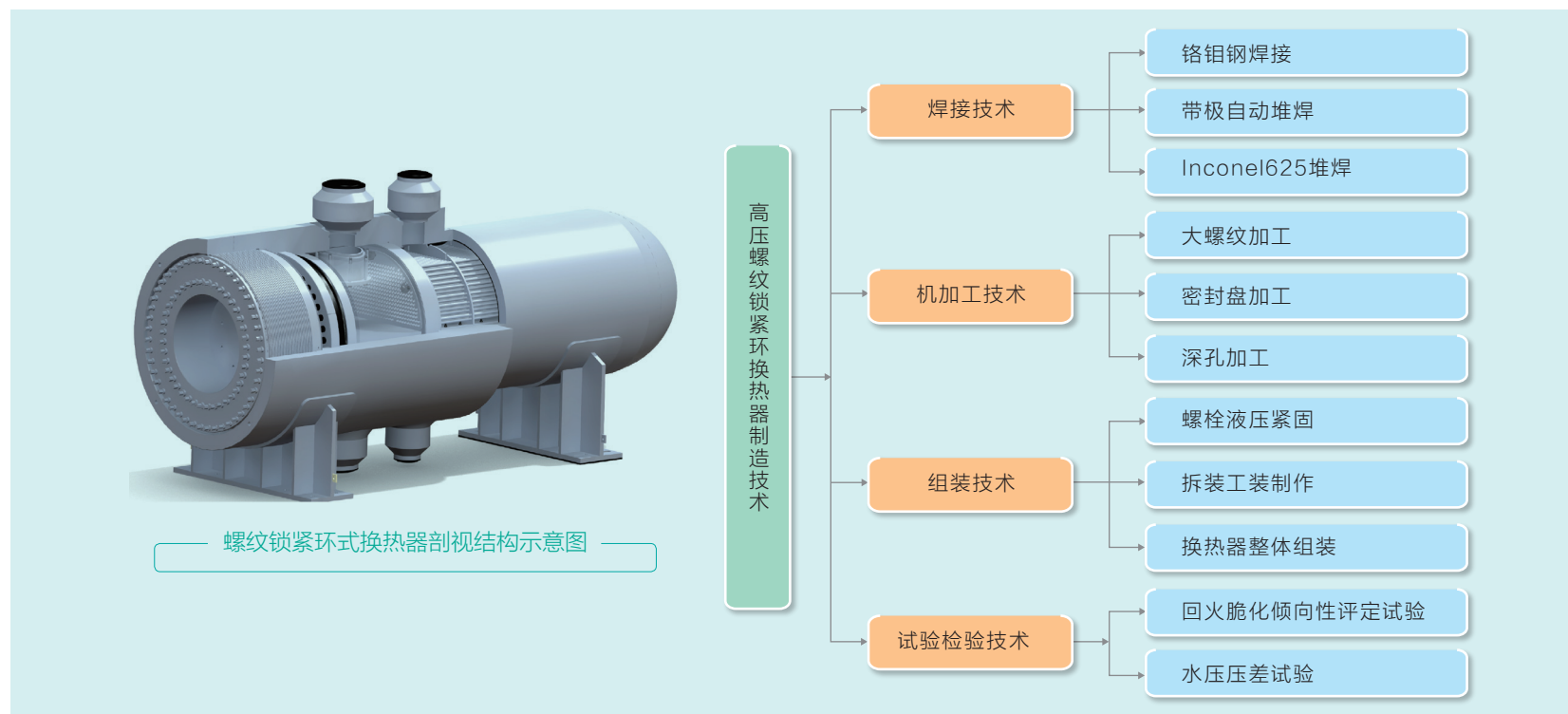
高压螺纹锁紧环换热器制造技术就是具有代表性的重大创新成果之一。

奉献能源 创造和谐

1 简介

高压螺纹锁紧环换热器是加氢装置换热工段的核心设备，主要应用于加氢裂化、加氢脱硫、加氢精制、加氢改制等装置中。它具有耐高温、耐高压、结构紧凑、泄漏点少、密封可靠、节省材料、占地面积小等优点。高压螺纹锁紧环换热器结构复杂，机加工量大，装配精度高，拆卸需要借助专用工装完成，整体制造具有技术广、精度高、装配复杂的特点。

中国石油拥有包括高压螺纹锁紧环换热器焊接、机加工、试验检验及组装四大特色技术系列、11项特色技术，整体技术居于国内先进水平。能够为大型炼油企业加氢裂化、加氢脱硫、加氢精制、加氢改制等装置提供螺纹锁紧环换热器设计、制造、安装、检修一体化服务。



现已在国内市场应用于兰州、四川、
云南等地，应用前景良好。



顺利完成兰州石化
 $210 \times 10^4 \text{t/a}$ 蜡油加
氢裂化装置5台螺栓
锁紧环换热器现场
组装。



顺利制造了四川盛
马化工股份有限公
司 $100 \times 10^4 \text{t/a}$ 汽柴油
加氢装置2台螺栓锁
紧环换热器。



顺利完成了福建泉州
 $260 \times 10^4 \text{t/a}$ 蜡油加氢
裂化装置13台螺栓锁
紧环换热器现场组装。



顺利完成了云南石化
 $210 \times 10^4 \text{t/a}$ 蜡油加氢
裂化装置及 $400 \times 10^4 \text{t/a}$
渣油加氢脱硫装置
24台螺栓锁紧环换
热器现场组装。



顺利完成了广西石化
 $220 \times 10^4 \text{t/a}$ 蜡油加氢
裂化装置10台螺栓锁
紧环换热器现场拆
装及检修。

市场应用分布图

2

特色技术

中国石油能提供的高压螺纹锁紧环换热器规格主要有：

高压螺纹锁紧环换热器产品参数表

结构形式	产品规格	主体材质		工作介质	工作压力	工作温度	适用范围
		壳体	换热管				
H-H 型	最大直径 1800mm	12Cr2Mo1、 15CrMo、 16Mn	S32168、 S32205、 15CrMo	油、气、 氢气等	5.0 ~ 24.0MPa	20 ~ 454℃	主要应用于加氢裂化、 加氢脱硫、加氢精制、加氢 改制等装置中反应产物或热 高分气与原料油或循环氢的 热交换
H-L 型							



高压螺纹锁紧环换热器产品

2.1 焊接技术系列

1. 铬钼钢焊接技术

通过焊前预热、控制层间温度、焊后保温等措施，确保铬钼钢焊后不产生裂纹，有效保证了螺纹锁紧环换热器壳程筒体、管箱筒体及接管与筒体的焊接质量。



焊前预热



层间温度测量



焊后保温

2. 带极埋弧堆焊 (SASC) 技术

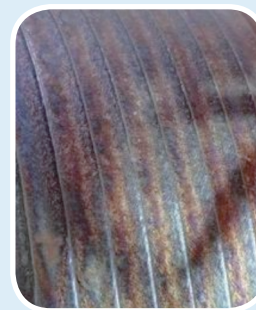
采用大带宽金属带代替焊丝作为电极；焊带厚度在 0.4 ~ 0.8mm 之间，焊带宽度在 25 ~ 150mm 之间。焊道平整光滑、稀释率低、熔敷速度快；能够完成直径 600 ~ 4500mm 范围内的高温、高压容器内壁带极堆焊。



不锈钢带



带极堆焊



堆焊层

2.2 机加工技术系列

高压螺纹锁紧环换热器机加工技术指换热器管箱内部构件密封盘、螺纹锁紧环、防护罩等制造要求精度高、加工难度大的部件的机加工技术。通过采用专用设备、工装，科学的机加工工艺，达到最终的质量要求。

1. 密封盘加工技术

密封盘为薄盘类零件，直径大、厚度薄，要求加工精度高，加工难度大。密封盘加工需利用专用工装，采取实时冷却、减少进刀量等措施，最大限度地减小密封盘加工变形的一项技术。

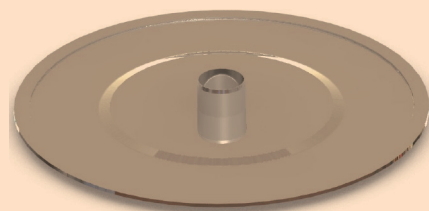
2. 大螺纹加工技术

换热器螺纹 锁紧环及管箱筒体大螺纹执行 ANSI B1.8 《Stub Acme Screw Threads》的要求。

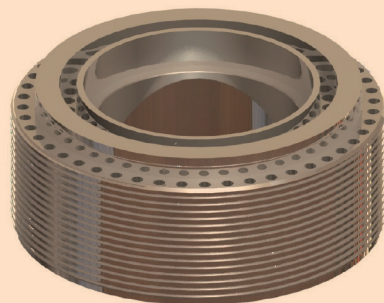
能够加工直径 5m 以下的各类回转曲面、梯形螺纹、矩形螺纹等。

3. 深孔加工技术

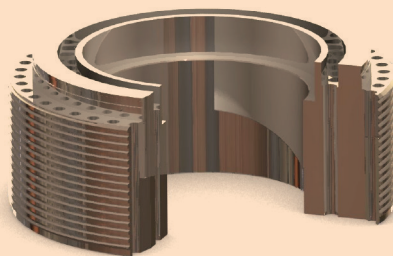
深孔加工是指长度与孔的直径比大于 10 的孔类加工。利用内排屑方式解决切削时的金属排屑问题，大幅增加了孔类加工深度，能够加工深度不超过 1000mm 的各类深孔。



密封盘



螺纹锁紧环



内外圈螺栓深孔

2.3 组装技术系列

1. 螺栓液压紧固技术

引进德国拜尔 RTA08 型液压扭矩扳手，最大扭矩 $7682\text{N} \cdot \text{m}$ ，最小扭矩 $768\text{N} \cdot \text{m}$ ，可无级精准设定扭矩，有效保证换热器螺栓紧固质量，最大限度地确保设备安全及密封效果。

2. 高压螺纹锁紧环换热器整体组装技术

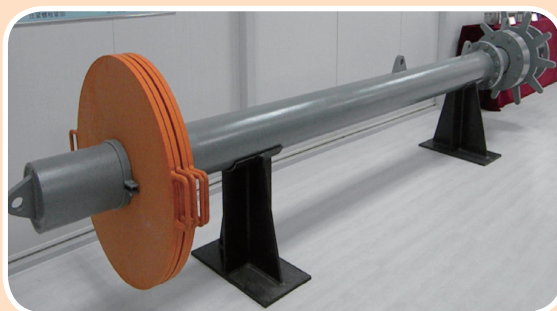
根据换热器具体结构形式，制订最优的内构件组装、拆装方案，能够有效保证工作效率及换热器质量。自主研发的内构件拆装工装，能够完成制造及检修过程中的换热器整体拆分及组装。



螺栓液压紧固



组装尺寸测量



螺纹锁紧环组装专用工装



现场组装

2.4 试验检验技术系列

1. 回火脆化倾向性评定试验

高压螺纹锁紧环换热器以抗氢 Cr-Mo 钢为主要材料，且长期处于 370 ~ 420℃ 的中温、临氢工作环境下，因此需要对高压螺纹锁紧环换热器主体材料进行回火脆化倾向性评定试验，确保其回火脆化量在安全范围内。

依靠步冷试验热处理炉设备、低温冲击试验设备及温度曲线拟合软件，能够对以抗氢 Cr-Mo 钢为主体材料的设备制造提供回火脆化倾向性评定试验方案。

2. 螺纹锁紧环换热器水压试验技术

高压螺纹锁紧环换热器液压试验主要包括换热管接头气压泄漏试验、管板压差试验、管程和壳程压力试验。通过采用专业化的螺栓液压紧固工具、专用的试压设备，能够在制造厂进行安全、可靠的高压螺纹锁紧环换热器水压试验，并能为客户提供高压螺纹锁紧环换热器现场检修水压试验解决方案。



低温冲击试件



步冷试验热处理炉



螺纹锁紧环换热器水压试验

3

典型案例

高压螺纹锁紧环换热器制造技术现已在中国石油四川石化有限责任公司、四川盛马化工股份有限公司、中国石油兰州石化公司、中国石油云南石化有限公司、中国石油广西石化公司等单位顺利完成了 50 余台（套）螺纹锁紧环换热器的制造、现场拆分及组装，所有设备至今运行良好。

3.1 四川盛马化工股份有限公司 $100 \times 10^4 \text{t/a}$ 汽柴油加氢装置

2013 年，为四川盛马化工股份有限公司 $100 \times 10^4 \text{t/a}$ 汽柴油加氢精制装置生产制造的高压螺纹锁紧环换热器直径 1100mm，总长 7569mm，总重 28.5t，设备主体材质 15CrMo，管程设计压力 8.55MPa，壳程设计压力 6.84MPa，设计温度 305℃。

产品制造过程中，攻克重重难关，历时 9 个月，圆满完成设备制造，此后又与中国石油签订了后续高压螺纹锁紧环换热器的制造合同。



四川盛马螺纹锁紧环换热器

3.2 中国石油广西石化公司 $220 \times 10^4 \text{t/a}$ 蜡油加氢裂化装置

2012 年，中国石油广西石化公司 $220 \times 10^4 \text{t/a}$ 蜡油加氢裂化装置总计 10 台高压螺纹锁紧环换热器设备检修，检修任务主要包括现场拆卸、主密封垫片更换、管束检查、现场组装及现场水压试验等工作。现场施工空间狭小，施工难度很大。中国石油运用该技术及专用工装、工法，克服现场各类难题，圆满完成了现场拆分组装及检修任务。



广西石化螺纹锁紧环换热器
新技术应用荣誉证书



广西石化螺纹锁紧环
换热器现场检修

高压螺纹锁紧环换热器产品服务业绩表

序号	装置名称	换热器产品名称	规格	数量	地点	产品服务
1	汽柴油加氢精制装置	反应产物水冷器	DIU800	1	四川盛马	产品制造
2	汽柴油加氢精制装置	反应产物 / 低分油换热器	DIU1100	1	四川盛马	产品制造
3	蜡油加氢裂化装置	反应产物 / 热原料油换热器	DIU1500	3	广西石化	现场组装
4	蜡油加氢裂化装置	反应产物 / 热原料油换热器	DIU1400	2	广西石化	现场组装
5	蜡油加氢裂化装置	脱气塔底油 / 反应产物换热器	DIU1600	1	广西石化	现场组装
6	蜡油加氢裂化装置	热高分气 / 热循环氢换热器	DIU1200	3	广西石化	现场组装

序号	装置名称	换热器产品名称	规格	数量	地点	产品服务
7	蜡油加氢裂化装置	热高分气 / 热循环氢换热器	DIU1600	4	广西石化	现场组装
8	蜡油加氢裂化装置	循环氢冷却器	DIU1200	2	广西石化	现场组装
9	渣油加氢脱硫装置	反应流出物—热循环氢换热器	DIU1300	2	广西石化	现场组装
10	渣油加氢脱硫装置	反应流出物—热循环氢换热器	DIU1400	2	广西石化	现场组装
11	渣油加氢脱硫装置	反应流出物—热循环氢换热器	DIU1500	2	广西石化	现场组装
12	渣油加氢脱硫装置	热高分气—冷原料油换热器	DIU1300	2	广西石化	现场组装
13	渣油加氢脱硫装置	热高分气—热循环氢换热器	DIU1300	4	广西石化	现场组装
14	渣油加氢脱硫装置	热高分气—冷低分油换热器	DIU1200	2	广西石化	现场组装
15	渣油加氢脱硫装置	热高分汽—冷循环氢换热器	DIU1000	2	广西石化	现场组装
16	蜡油加氢裂化装置	热高分气 / 原料油换热器	DIU1600	2	广西石化	现场组装
17	蜡油加氢裂化装置	热高分气 / 原料油换热器	DIU1600	4	广西石化	现场组装
18	柴油加氢精制装置	反应产物 / 冷原料油换热器	DIU1400	4	广西石化	现场组装
19	蜡油加氢裂化装置	反应流出物 / 热循环氢换热器	DIU1600	1	泉州石化	现场检修
20	蜡油加氢裂化装置	反应流出物 / 热原料油换热器	DIU1800	2	泉州石化	现场检修
21	蜡油加氢裂化装置	反应流出物 / 冷循环氢换热器	DIU1600	1	泉州石化	现场检修
22	蜡油加氢裂化装置	反应流出物 / 热汽提塔底油换热器	DIU1600	1	泉州石化	现场检修
23	蜡油加氢裂化装置	反应流出物 / 冷原料油换热器	DIU1800	2	泉州石化	现场检修
24	蜡油加氢裂化装置	热高分气 / 热汽提塔进料换热器	DIU1500	2	泉州石化	现场检修
25	蜡油加氢裂化装置	热高分气 / 总热循环氢换热器	DIU1500	2	泉州石化	现场检修
26	蜡油加氢裂化装置	热高分气 / 冷汽提塔进料换热器	DIU1600	1	泉州石化	现场检修
27	蜡油加氢裂化装置	热高分气 / 总冷循环氢换热器	DIU1500	1	泉州石化	现场检修
28	蜡油加氢裂化装置	反应流出物 / 热循环氢换热器	DIU900	1	泉州石化	现场检修
29	蜡油加氢裂化装置	反应流出物 / 循环油换热器	DIU1150	2	泉州石化	现场检修
30	蜡油加氢裂化装置	应流出物 / 冷汽提塔底油换热器	DIU1150	2	泉州石化	现场检修

4

科研装备

中国石油拥有焊接与研究中心，总体实力达到国内领先水平，各类焊接研究装备 64 台（套）；拥有国家 CNAS 及国际 ILAC 认可的无损检测实验室，各类无损检测装备 165 台（套）；拥有专业化的炼化装备研发制造基地，各类制造装备 705 台（套），设备总体新度系数 0.6。

带极埋弧自动堆焊机：将焊接操作机与可调式滚轮架组合使用，配备美国林肯 1500A 焊接电源及一套苏多凯带极堆焊机头和一套视频监视系统。通过利用高带宽的钢带作为电极，可完成筒体内外壁及封头内壁的高效率堆焊，焊接效率高，堆焊层外形均匀美观。



带极埋弧自动堆焊机

超高压液压胀管机：利用液压为动力使胀带鼓胀，以静止均匀内压使管壁发生变形，实现换热器换热管与管板的紧密连接。最大胀接压力达到 500MPa。



超高压液压胀管机

液压扭矩扳手：由电动液压泵、扭力扳手、液压油管、专用套筒及附属件构成，在液压泵的油压作用下，配合不同开口的各种专用套筒，通过设定扭矩，可以完成各种螺栓的精准紧固与拆卸。



液压扭矩扳手

数控深孔钻床：两主轴同时工作，效率可提高一倍，通过利用枪钻钻头，采用内排屑方式，可以实现深度1000mm 以内的各类换热器管板、螺纹锁紧环等部件上的深孔加工。



数控深孔钻床

大型数控立式车床：工作台采用静压导轨，主轴径向采用高精度 NN30 型（D 级）轴承，回转精度高，承载能力大。能够实现工件外圆柱面、圆锥面、复杂回转曲面、大直径梯形内、外螺纹等的粗、精车削加工。



5m 数控立式车床

重型数控镗铣床：机床的主轴由镗主轴（镗轴）和铣主轴（铣轴）组成，具有镗孔、钻孔、铣削、切槽等加工功能，同时配有高精度回转工作台、直角铣头等功能性附件，可以实现对工件的五面加工。



重型数控镗铣床

5

资质与标准

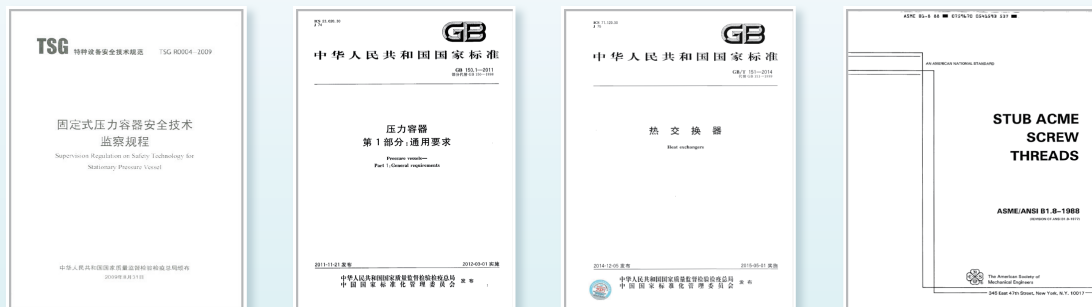
5.1 资质

中国石油拥有中、高压压力容器设计、制造许可证 A1、A2 证书，制造质量严格执行 GB/T19001—2008/ISO9001:2008 质量管理体系。



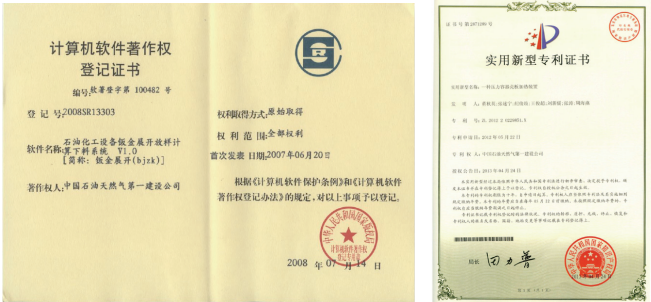
5.1 标准

高压螺纹锁紧环换热器产品严格执行 TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》GB150—2011《压力容器》GB151—2014《热交换器》，螺纹锁紧环大螺纹执行 ANSI B1.8《Stub AcmeScrew Threads》的要求，通过了健康安全环境管理体系认证。



5.3 专利及技术秘密

先后取得螺纹锁紧环换热器制造技术专利2项,软件著作权1项。认定技术秘密5项,是其核心技术体系的重要组成部分。



高压螺纹锁紧环换热器制造技术秘密表

编号	技术名称
油商秘 ★★ 7 年 20130128	12Cr2Mo1 材料回火脆化倾向性评定试验技术
油商秘 ★★ 7 年 20130127	大直径梯形螺纹加工技术
油商秘 ★★ 7 年 20130126	不锈钢薄盘类零件加工技术
油商秘 ★★ 7 年 20130129	12Cr2Mo1 材料带极堆焊焊接技术
油商秘 ★★ 7 年 20130130	螺纹锁紧环换热器组装技术



6

专家团队



常西斌

高级工程师。长期从事大型炼化装置建设、压力容器设计、制造技术的研发工作，主持完成了多项压力容器设计制造技术研发项目，尤其在螺纹锁紧环换热器制造技术的研发方面有丰富的经验。发表论文 9 篇。

电话：0379-65972490

Email：changxibin.se@cnpc.com.cn



王启宇

高级工程师。长期从事大型炼化装置建设、压力容器制造技术的研发工作。主编完成国家标准 1 项及多项企业标准。著有学术论著 2 部；发表论文 11 篇。

电话：0379-65972368

Email：wangqiyu@cnpc.com.cn



董秋英

高级工程师。长期从事非标压力容器、换热器、球形储罐等制造技术的研发工作。获国内外授权发明专利 5 项。发表论文 8 篇。

电话：0379-65972686

Email：dongqiying.se@cnpc.com.cn



谢育辉 教授级高级工程师。长期从事大型炼化装置压力容器设计技术研发工作，在高压加氢设备领域具有较深的造诣，曾参与国内直径最大的高压加氢换热器的设计攻关工作，已设计高压换热器 400 多台。发表论文 6 篇，获得专利授权 7 项。

电话：0532-80950263

Email：xieyuhui@cnpccel.cn



刘新儒 金属结构制作技能专家，国家职业技能竞赛裁判员。在压力容器制造方面有丰富的经验。获国家计算机软件著作权 2 项、国内外发明专利 4 项。

电话：0379-65972290

Email：linxinru.se@cnpc.com.cn



曹遂军 焊接技能专家，全国技术能手。曾担任“鸟巢”焊接教练，具有丰富焊接经验，参与多项加氢装置关键部位的焊接。

电话：0379-65972233

Email：caosuijun.se@cnpc.com.cn

7

服务与培训

建立了完善的售后服务体系，拥有集高压螺纹锁紧环换热器设计、制造、安装、检修于一体的专业技术人员，24 小时为客户竭诚服务。可提供远程技术支持，及时有效解决产品问题，并提供专业化技术服务。



服务联系人：姜 平

电话：86-379-65972421

邮箱：shebeichang001@126.com

Contact : Mr. Jiang Ping

Tel : 86-379-65972421

Email : shebeichang001@126.com



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

中国石油天然气第一建设公司联系人：

董秋英 女士
电 话：86-379-65972686
Email：dongqiuying.se@cnpc.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 China Petroleum First Construction Company：

Ms. Dong Qiuying
Tel: 86-379-65972686
Email: dongqiuying.se@cnpc.com.cn

