



# 延迟焦化装置工业化 成套技术

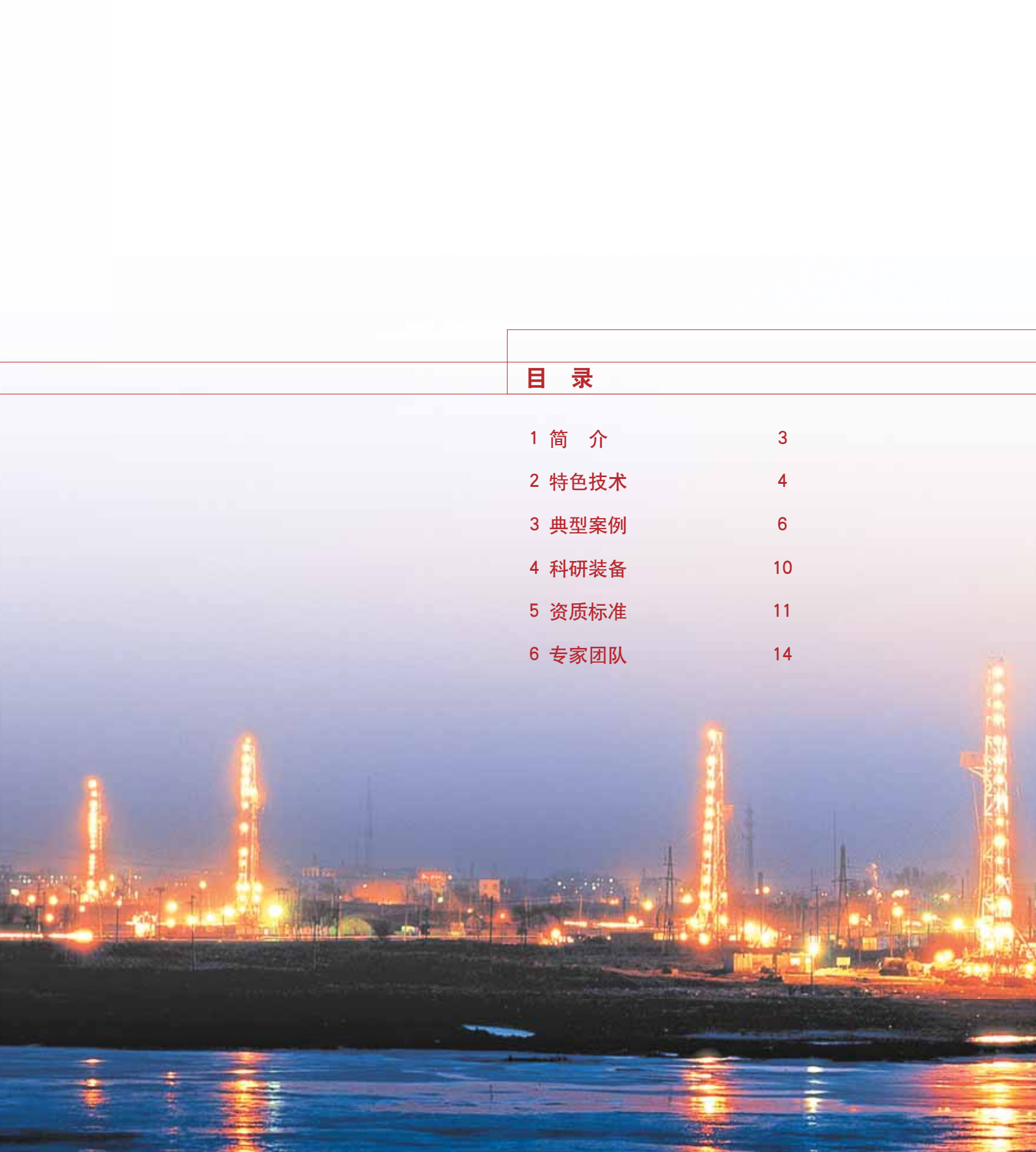
■ 2014 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

延迟焦化装置工业化成套技术，  
为劣质重油加工提供经济实用环境友好的解决方案！





目 录

|        |    |
|--------|----|
| 1 简 介  | 3  |
| 2 特色技术 | 4  |
| 3 典型案例 | 6  |
| 4 科研装备 | 10 |
| 5 资质标准 | 11 |
| 6 专家团队 | 14 |



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2013年国内生产原油1.13亿吨，生产天然气888.4亿立方米，加工原油1.46亿吨，全年实现营业收入2.76万亿元，实现利润1880亿元。

2013年，中国石油在世界50家大石油公司综合排名中位居第4位，在全球500家大公司排名中位居第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“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。

延迟焦化装置工业化成套技术就是具有代表性的重大创新成果之一。

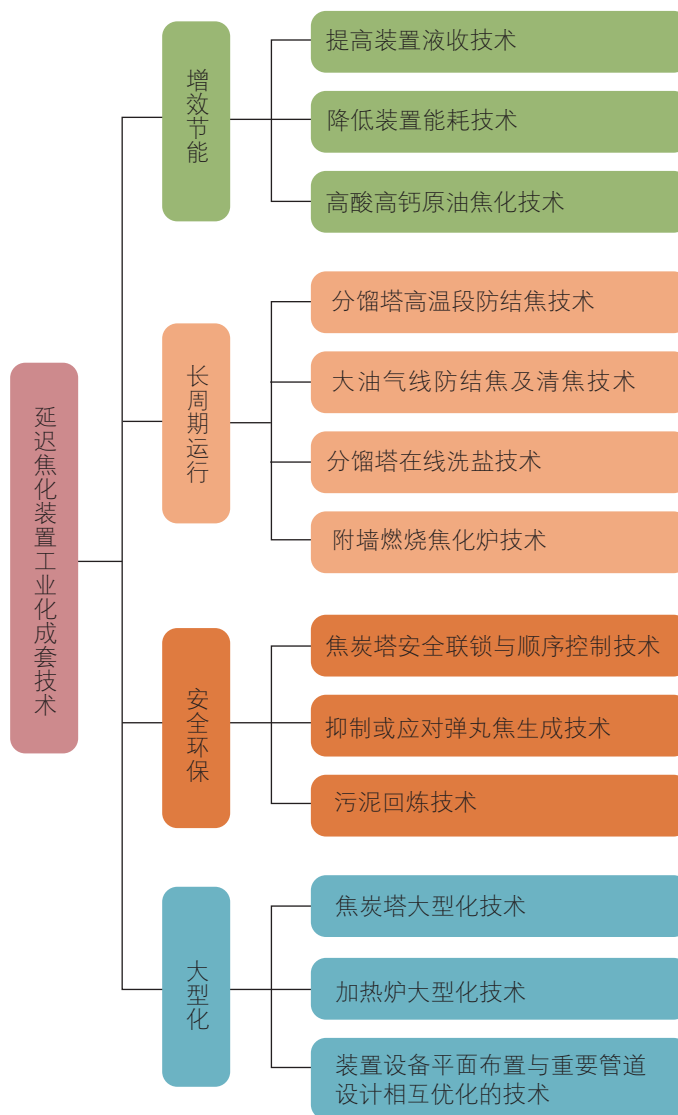
# 奉献能源 创造和谐

# 1 简介

延迟焦化作为渣油等劣质重油加工的重要工艺，具有对原料适应性强、技术成熟、投资和加工费用低、可增产高品质柴油馏分、提高柴/汽比等优势，特别是在加工高金属含量、高残炭的劣质重油时，成为炼厂首选的渣油加工技术。

延迟焦化反应适用自由基链反应机理，主要为裂解和缩合反应，加热炉提供反应热，在焦炭塔内完成反应。延迟焦化装置主要由反应、分馏、吸收稳定及冷切焦水等部分组成，主要工艺过程如下：换热后的原料油与循环油混合进入加热炉，在炉管内快速升温至 500℃ 左右进入焦炭塔内反应，生成的石油焦积聚在焦炭塔内，通过水力除焦系统进行处理，油气经分馏系统、吸收稳定系统分离出蜡油、柴油、汽油及 LPG 等中间产品，并副产干气。

通过集成开发和自主研发，形成了具有自主知识产权的延迟焦化装置工业化成套技术。在增效节能、长周期运行、安全环保、大型化等方面拥有专利 10 余项，形成了 13 项特色技术，并成功应用在苏丹、独山子、抚顺、辽河等国内外 10 多家石油炼化公司，实现了装置安全、平稳、长周期运行。与常规焦化技术相比，装置的液收提高 2%，能耗降低 1 ~ 2kg 标油/t 原料，连续运行周期可达到 3 ~ 5 年，加热炉热效率达到 92% 以上。



# 2

特色技术

## 2.1 增效节能

### 2.1.1 提高装置液收技术

在保障装置长周期运行的前提下，根据原料性质和目标产品的不同，采用降低循环比、供氢体循环、提高加热炉出口温度、降低焦炭塔操作压力等措施，提高装置液收，使装置的经济效益最大化。可广泛适用于各种规模的延迟焦化装置。

### 2.1.2 降低装置能耗技术

采用窄点技术优化分馏塔取热，提高高温位热源比例，同时通过提高加热炉热效率、装置内污油零排放、分馏系统与吸收稳定系统热联合、回收低温热等措施来降低装置能耗。可广泛适用于各种规模的延迟焦化装置，能耗降低 1 ~ 2kg 标油 /t 原料。

### 2.1.3 高酸高钙原油焦化技术

针对苏丹原油“四高两低”即酸值高、钙含量高、密度高、金属含量高、硫含量低、轻组份含量低的特殊性，成功开发了常压蒸馏—焦化组合技术。该技术兼有常压蒸馏和延迟焦化的双重功能，特别适合于高酸、高钙劣质稠油的加工，能显著缩短炼厂总加工流程；环烷酸破坏前置，显著减轻了后续加工装置的防腐压力，投资省。可适用于以劣质稠油为原料的延迟焦化装置。

## 2.2 长周期运行

### 2.2.1 分馏塔高温段防结焦技术

分馏塔脱过热段采用分布器和塔盘的组合、塔底设置防焦粉沉积设施，选用合适的洗涤油，充分洗涤焦粉，减少侧线产品焦粉含量，并可根据生产需要灵活调节装置循环比，显著减小分馏塔底结焦倾向，分馏塔运行周期达到 3 年以上。适用于各类延迟焦化装置，对于低循环比和超低循环比优势更为突出。

### 2.2.2 大油气线防结焦及清焦技术

选用适合的馏分做急冷油，优化急冷油注入位置和方式，有效减缓大油气管线结焦。另外，采用可在线拆卸的设施取代焦炭塔顶大油气线弯头，方便清除大油气线内部的焦层，延长大油气线运行周期，清理周期可由 3 个月提高到 6 个月以上。可广泛适用于各种规模的延迟焦化装置。

### 2.2.3 分馏塔在线洗盐技术

利用分馏塔顶循和汽油冷回流系统，分为脏洗和净洗两个过程，在不停工、不影响产品质量、不外甩污油的情况下对分馏塔上部易结盐的部位进行清洗，操作简单，安全环保，可确保焦化分馏塔 3 年以上的长周期运行。可广泛适用于各种规模的延迟焦化装置。

### 2.2.4 焦化炉附墙燃烧技术

在焦化炉的设计中采用附墙燃烧技术，针对各种焦化原料的生焦趋势的特点，选择不同布置形式的附墙燃烧器和炉型，使焦化炉辐射室内的烟气流场及温度场分布更加均匀，降低了辐射炉管表面峰值热强度，避免了局部高温结焦。同时使焦化炉高效、安全平稳、长周期运行。可广泛适用于各种加工原料的延迟焦化装置。

## 2.3 安全环保

### 2.3.1 焦炭塔安全联锁与顺序控制技术

实现焦炭塔区阀门的顺序安全切换操作，优化和规范了焦炭塔操作程序，操作人员只能对允许动作的阀门进行有效的操作，从而杜绝误操作的发生，确保焦炭塔操作安全。并提高了自动化水平，降低了劳动强度。可广泛适用于各种规模的延迟焦化装置焦炭塔区。

### 2.3.2 抑制或应对弹丸焦生成技术

弹丸焦的生成主要取决于原料性质，当原料中沥青质含量接近或达到残炭含量一半，便容易生成弹丸焦。改变操作条件可以在一定程度上增加或减少弹丸焦的生成。本技术在抑制或应对两个方面采取了一系列措施，可根据原料性质和项目具体情况，一方面可以通过改善原料性质和优化操作条件抑制弹丸焦的生成；另一方面可以通过优化设计和操作，保证装置在生产弹丸焦的情况下安全平稳长周期运行。可适用于加工高沥青质含量的劣质原料延迟焦化装置。

### 2.3.3 污泥回炼技术

利用焦炭的余热使污泥中的有机组分经高温热裂解，变为焦化产品，同时含油污泥可以

作为骤冷介质在清焦前对热焦炭进行冷却，既消除了含油污泥的污染，又得到有用的焦化产品，一举两得。可适用于各种规模的延迟焦化装置。

## 2.4 大型化

### 2.4.1 焦炭塔大型化技术

利用 ANSYS 软件对焦炭塔裙座结构进行疲劳分析，可做到最优化。采用整体锻焊结构，可大大延长焦炭塔的使用寿命；通过将焦炭塔锥形过渡段分瓣，解决了焦炭塔大型化后锥形过渡段无法整体运输的难题。地脚螺栓设置碟簧，解决了焦炭塔由于晃动造成的地脚螺栓松动。设置热箱并在热箱处设置热电偶，实时监测温度变化速度。

### 2.4.2 加热炉大型化技术

采用新研发的底烧梯形炉炉型结构，可根据延迟焦化装置的加工量灵活进行多种辐射室—对流室组合形式的运用，提高了延迟焦化装置对加工原料的适应性，装置加工量的范围可以更宽泛，适应装置大型化的发展需求。可广泛适用于各种规模、各种劣质原料的延迟焦化装置。

### 2.4.3 装置设备平面布置与重要管道设计相互优化的技术

根据装置核心区设备的流程顺序进行平面布置时考虑管道布置，同时考虑关键管系应力计算情况调整设备平面布置，两者相互优化，做到减小装置占地、降低管道用量和管廊投资，以达到经济合理。可广泛适用于各种规模的延迟焦化装置，装置规模越大优势越明显。

# 3

## 典型案例

中国石油延迟焦化装置工业化成套技术已在国内外多家企业得到成功应用。

### 3.1 高酸高钙原油焦化技术

苏丹喀土穆  $200 \times 10^4 \text{t/a}$  延迟焦化装置采用了该技术。装置分两期建设，一期工程于 2004 年 9 月竣工投产；二期工程于 2006 年 5 月投产。两期装置各有一炉两塔及各自独立的产品分馏

塔，共用一套接触冷却系统、电脱盐系统、吸收稳定系统、干气脱硫液化气脱硫系统和除焦水系统。装置兼有常压蒸馏和延迟焦化的双重功能，特别适合于高酸、高钙劣质稠油的加工，显著缩短了炼厂总加工流程。

两套装置自投产以来，设备运行正常，产品质量合格，主要技术经济指标均达到或超过设计值，实现了长周期安全平稳运行。



苏丹喀土穆炼厂  $200 \times 10^4 \text{t/a}$  高酸高钙原油延迟焦化装置

### 3.2 大型化技术及在线洗盐技术

抚顺石化延迟焦化装置设计规模为  $240 \times 10^4 \text{t/a}$ ，其处理能力最高可达到  $320 \times 10^4 \text{t/a}$ 。装置主要加工大庆减压渣油，包括焦化及吸收稳定系统。采用两炉四塔、分馏塔设置顶循取热、吸收稳定四塔流程；装置设计广泛采用了国内外的先进、成熟技术，应用大型化技术建成中石油系统内最大规模延迟焦化装置，焦炭塔直径为 9800mm。自 2010 年 9 月一次开车成功以来，运行平稳，各项产品质量均达到设计指标。能耗低于国内外同类装置。



抚顺石化  $240 \times 10^4 \text{t/a}$  延迟焦化装置焦炭塔

### 3.3 附墙燃烧及高温段防结焦技术

辽河石化 100X10<sup>4</sup>t/a 延迟焦化装置为实现国内首次加工 100% 委内瑞拉超重油渣油的延迟焦化装置，结合装置现状，运用附墙燃烧技术对原双面辐射炉加热炉进行改造；运用分馏塔高温段防结焦技术对分馏塔进行改造；将焦炭塔半自动底盖机为自动底盖机等内容。自 2011 年 10 月一次开车成功，完成了 100% 委油渣油加工的工业实验，并在线转平稳切换成辽河稠油的加工。



辽河石化委内瑞拉超重油渣油  
100X10<sup>4</sup>t/a 延迟焦化装置



辽河石化 100X10<sup>4</sup>t/a 延迟焦化装置改造后的  
“附墙燃烧技术”加热炉

延迟焦化装置业绩  
分布图



主要业绩一览表

| 序号 | 建设地点  | 规模（万吨 / 年） | 设计内容      | 设计时间    | 备注              |
|----|-------|------------|-----------|---------|-----------------|
| 1  | 山东恒台  | 20         | 基础设计、详细设计 | 2000.09 |                 |
| 2  | 苏丹喀土穆 | 100        | 基础设计、详细设计 | 2003.04 | （一期）国家建设部铜奖     |
| 3  | 四川盛马  | 20         | 基础设计、详细设计 | 2004.11 |                 |
| 4  | 大港石化  | 100        | 基础设计、详细设计 | 2004.10 |                 |
| 5  | 山东垦利  | 40         | 基础设计、详细设计 | 2004.12 |                 |
| 6  | 苏丹喀土穆 | 120        | 基础设计、详细设计 | 2005.08 | （二期）集团公司优秀设计一等奖 |
| 7  | 湖北金澳  | 40         | 基础设计、详细设计 | 2006.06 |                 |
| 8  | 山东滨化  | 100        | 基础设计、详细设计 | 2008.10 |                 |
| 9  | 独山子石化 | 120        | 基础设计、详细设计 | 2009.10 | 工程公司设计二等奖       |
| 10 | 抚顺石化  | 240        | EPC       | 2010.09 | 工程公司设计一等奖       |
| 11 | 辽河石化  | 100        | 适应委油渣油改造  | 2011.10 |                 |
| 12 | 哥斯达黎加 | 70         | FEED      | 2012.11 |                 |
| 13 | 广东揭阳  | 300        | EPC       | 设计中     |                 |
| 14 | 山东天宏  | 160        | 基础设计、详细设计 | 设计中     |                 |
| 15 | 山东玉皇  | 160        | 基础设计、详细设计 | 设计中     |                 |

# 4 科研装备

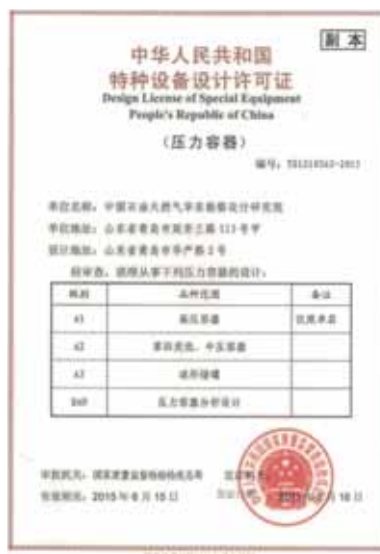
先进的计算机网络平台应用系统，实时高效的网络通讯，广泛应用于设计和管理。拥有 PIMS、PRO II、AspenPlus、PDMS 等各种工程设计软件 100 余种，可以满足国内外不同业主的要求。

| 名 称                            | 软 件 类 别                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PIMS                           | 工厂计划优化管理系统，功能强大，用户友好的过程工业用的经济计划软件包。它采用线性规划 (Linear Programming) LP 技术来优化过程工业企业的运营计划。它可应用于： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 生产作业计划优化；</li> <li>2. 后勤及供应链管理；</li> <li>3. 技术评价；</li> <li>4. 工厂各单元规模估算及扩产研究</li> </ol>                                                                                                                                            |
| Pro/ II、Aspen plus、Aspen Hysys | 生产装置设计、稳态模拟和优化的大型通用流程模拟软件                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Aspen Energy Analyzer          | 基于过程综合与集成的夹点技术的计算软件。它应用工厂现场操作数据或者流程模拟计算的数据为输入，来设计能耗最小、操作成本最低的化工厂和炼油厂过程流程。典型应用如下： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 老厂节能改造的过程集成方案设计；</li> <li>2. 老厂扩大生产能力的“脱瓶颈”分析；</li> <li>3. 能量回收系统（例如换热器网络）的设计分析；</li> <li>4. 公用工程系统合理布局和优化操作（包括加热炉、蒸汽透平、燃气透平、制冷系统等模型在内）</li> </ol>                                                                                           |
| Smart Plant P&ID               | 是以数据库为核心、以规则为驱动的智能 PID 设计系统                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Dynsim                         | Dynsim 是一个功能全面的、基于严格计算的、成熟的动态过程模拟系统，运用基于机理的技术和严格的热力学数据，提供准确可靠的计算结果，用于解决从工程分析、控制系统校核到操作员培训系统等工作中遇到的最棘手的动态模拟问题                                                                                                                                                                                                                                                            |
| PDS、PDMS                       | 工厂三维布置设计管理系统，该软件具有以下主要功能特点： <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 全比例三维实体建模；</li> <li>2. 通过网络实现多专业实时协同设计、真实的现场环境，多个专业组可以协同设计以建立一个详细的 3D 数字工厂模型，每个设计者在设计过程中都可以随时查看其它设计者正在干什么；</li> <li>3. 交互设计过程中，实时三维碰撞检查，PDMS 能自动地在元件和各专业设计之间进行碰撞检查，在整体上保证设计结果的准确性；</li> <li>4. 拥有独立的数据库结构，元件和设备信息全部可以存储在参数化的元件库和设备库中，不依赖第三方数据库；</li> <li>5. 开放的开发环境，可方便地输出符合传统的工业标准的图纸</li> </ol> |
| CAESAR II                      | CAESARII 是压力管道应力分析专业软件。它既可以分析计算静态分析，也可进行动态分析。向用户提供完备的国际上的通用管道设计规范，使用方便快捷                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| HTRI、HTFS                      | 换热器及燃烧式加热炉的热传递计算及其他相关的计算软件                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Flare-Net                      | 用于火炬系统的稳态设计、计算及消除瓶颈                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| PFR FRNC-5PC                   | 加热炉模拟和结构设计                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ANSYS                          | 设备应力分析                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| STADD/CHINA2006                | 钢结构计算                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| P3E/C                          | 项目计划管理                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Project Wise                   | 文档管理                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| POWERON                        | 总承包管理                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

# 5 资质标准

## 5.1 资质

拥有工程设计综合资质甲级、工程勘察类（岩土工程、工程测量）甲级、工程造价咨询甲级资质。  
拥有压力管道设计和一、二、三类 15 个品种的压力容器设计资质。



5.2 标准

熟悉各类国内外标准规范，设计严格执行业主提出的标准。

制定和参与编制的标准：

| 标准编号              | 标准名称 / 规划项目名称                  | 主编 / 参编 |
|-------------------|--------------------------------|---------|
| GB/T 9112—2010    | 钢制管法兰、类型与参数                    | 参编      |
| GB/T 9125—2010    | 管法兰连接用紧固件                      | 参编      |
| GB/T 9124—2010    | 钢制管法兰 技术条件                     | 参编      |
| GB/T 13402—2010   | 大直径钢制管法兰                       | 参编      |
| HG/T 20653—2011   | 化工企业化学水处理设计技术规定                | 参编      |
| Q/SY 1303—2010    | 石油化工企业防渗处理设计通则                 | 主编      |
| 中油计字（2005）519 号   | 石油建设安装工程费用定额                   | 参编      |
| Q/SY 1373—2011    | 炼化固定资产投资项目初步设计节能篇（章）编写规定       | 主编      |
| Q/SY 1579—2013    | 炼油化工固定资产投资项目初步设计节水篇（章）编写规定     | 主编      |
| Q/SY 1064—2010    | 固定资产投资项目可行性研究及初步设计节能节水篇（章）编写通则 | 参编      |
| Q/SY 1577—2013    | 《炼油项目固定资产投资节能评估报告编写规范》         | 主编      |
| GB/T 17185 — 1997 | 钢制法兰管件                         | 参编      |
| GB/T 19326—2003   | 钢制承插焊、螺纹和对焊支管座                 | 参编      |
| GB/T 17186.1      | 管法兰连接强度计算方法 方法 A               |         |
| JB/T 1762—2012    | 液化天然气用截止阀、止回阀                  | 参编      |
| Q/SY 2012—106     | 事故状态下水体污染的预防与控制技术要求            | 参编      |

5.3 专利

| 序号 | 专利名称                          | 专利类型 | 申请号或专利号           |
|----|-------------------------------|------|-------------------|
| 1  | 一种大型容器底封头与裙座的焊接构件             | 发明   | ZL 200310121385.9 |
| 2  | 设有导流板的加热炉                     | 实用新型 | ZL 201120272933.8 |
| 3  | 双阶梯双面辐射管式加热炉                  | 实用新型 | ZL 201120274457.3 |
| 4  | 对称双阶梯管式辐射炉                    | 实用新型 | ZL 201120503562.X |
| 5  | 宽火焰扁平附墙低氮氧化物节能型气体燃烧器          | 实用新型 | ZL 201120475572.7 |
| 6  | 一种延迟焦化装置加热炉不停工适时烧焦系统          | 实用新型 | ZL 201120525072.X |
| 7  | 一种防止延迟焦化分馏塔下部结焦的脱过热洗涤装置       | 实用新型 | ZL 201120503695.7 |
| 8  | 延迟焦化电动水龙头                     | 实用新型 | ZL 201220024653.X |
| 9  | 自动除焦器                         | 实用新型 | ZL 201220022985.4 |
| 10 | 除焦控制阀                         | 实用新型 | ZL 201220023012.2 |
| 11 | 底烧式梯形加热炉                      | 实用新型 | ZL 201220177430.7 |
| 12 | 炼油加热炉用中间火墙                    | 实用新型 | ZL 201220178052.4 |
| 13 | 加热炉炉管吊架                       | 实用新型 | ZL 201320101169.7 |
| 14 | 一种防止延迟焦化分馏塔高温段集油箱结焦的方法        | 发明   | 201210250679.0    |
| 15 | 一种延迟焦化装置加工多种类原料的不停产切换方法       | 发明   | 201210250292.5    |
| 16 | 一种可有效防止延迟焦化放空系统空冷器和水冷器挂蜡的改进流程 | 发明   | 201210313936.0    |
| 17 | 一种延迟焦化吹汽放空冷却系统及其应用            | 发明   | 201310520929.2    |

# 6

专家团队



**谢崇亮**

高级技术专家、教授级工程师。组织参与了炼化工程设计 30 余项，苏丹焦化项目的技术负责人、装置负责人，抚顺等大型焦化项目的技术负责人。获国家级优秀工程设计奖 1 项、省部级优秀工程设计和科技进步奖 8 项，发表论文 10 余篇。

电话：0532-80950007

Email：xiechongliang@cnpccci.cn



**范海玲**

高级技术专家、高级工程师。焦化装置的工程设计及相关技术的开发应用专家，先后参与 10 项炼油装置的工程设计。曾获省部级以上优秀设计奖 1 项，发表论文 3 篇，获专利 2 项。

电话：0532-80950692

Email：fanhailing@cnpccci.cn



**毕治国**

高级技术专家、高级工程师。焦化装置的工艺专业的工程设计及相关技术的专家，先后参与 10 项炼油装置的工程设计和 2 项集团公司级科研项目的开发。省部级以上优秀设计奖 1 项，发表论文 4 篇。

电话：0532-80950713

Email：bizhiguo@cnpccci.cn

**韩玉梅**

高级技术专家。具有全国锅炉压力容器标准化委员会颁发的 A 类、SAD 类压力容器审核人证书和压力容器鉴定评审人证书。擅长延迟焦化等装置的设备设计及相关技术的开发应用。完成多套延迟焦化装置的设备设计。获得省部级以上的优秀工程设计、科技进步奖 7 项, 获专利各 2 项, 发表专业论文 6 篇。

电话 : 0532-80950264

Email : hanyumei@cnpccci.cn

**董 罡**

高级技术专家、高级工程师。擅长焦化装置焦化炉的工程设计及相关技术的开发应用。先后参与 20 多项炼油装置的工程设计。获省部级以上优秀设计奖 5 项。发表论文 7 篇, 获专利 7 项。

电话 : 0532-80950349

Email : donggang@cnpccci.cn

**林洪俊**

高级技术专家、高级工程师。擅长延迟焦化装置自动控制工程设计和工厂自动化、信息化的研究与设计。先后参与 20 多个项目 30 多套炼油装置的工程设计, 作为专业负责人和主设完成 10 多套炼油装置全过程的工程自控专业设计。获得省部级优秀工程设计、工程咨询、技术进步奖 5 项。

电话 : 0532-80950523

Email : linhongjun@cnpccci.cn

**祝武川**

高级技术专家、高级工程师。擅长延迟焦化装置的设备平面布置及管道设计, 先后参与苏丹焦化、独山子焦化、大港焦化、揭阳焦化、辽河委内瑞拉超重渣油延迟焦化工业试验装置等多套焦化装置的工程设计。获省部级以上优秀设计奖 2 项。

电话 : 0532-80950878

Email : zhuwuchuan@cnpccci.cn



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

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



