



# X80 钢级管件及自动焊机

■ 2013 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

X80 钢级管件及自动焊机  
油气管道建设的尖兵！





## 目 录

1 简介	3
2 特色技术	4
3 应用案例	15
4 科研装备	17
5 资质与标准	20
6 专家团队	22



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。

X80钢级管件及自动焊机就是具有代表性的重大创新成果之一。

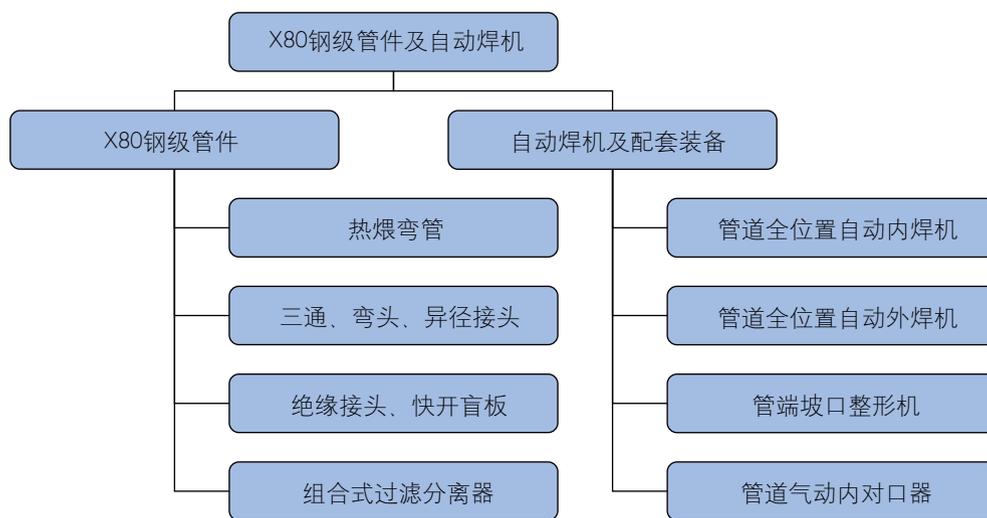
# 奉献能源 创造和谐

# 1 简介

中国石油天然气集团公司形成管道元件（热煨弯管、热冷压管件、绝缘接头、汇气管、快开盲板）、压力容器（油气管道承压设备、油气地面集输设备、液化天然气储运设备）等几大类产品。可设计制造压力 100MPa 以下的压力容器及其他油气储运站场承压设备和部件，年产量可达 20000 结构吨以上；可生产碳素钢、合金钢、石油管线钢等各种材料、各种用途的 DN200–DN1600mm 的热煨弯管和 DN10–DN1600mm 管件，直径 1016mm 以上热煨弯管年产量达到 7500 件，各类管件年产量达 10000t 以上。产品广泛应用于石油开采、石油化工、石油天然气储运、城市燃气、化纤、建材等工业领域。产品遍布全国各地，并远销苏丹、利比亚、

哈萨克斯坦、尼日尔、乍得、肯尼亚等国家。

根据管道焊接技术特点及管道自身特性，经过多年的技术攻关，研制出具有自主知识产权的 PIW 型管道全位置自动内焊机、PAW2000 单焊炬管道全位置自动外焊机、PAW3000 双焊炬管道全位置自动外焊机、PFM 管端坡口整形机、PPC 管道气动内对口器、PPC–GA 大张力间隙可调式管道气动内对口器等焊接设备及配套设备，并被认定为管道自动焊接技术领域的新产品。自动焊接设备及与之配套的焊接工艺已成功应用于西气东输一线、西气东输二线、陕京三线、印度东气西输、中哈、中亚、中乌、中俄等国内外重大油气管道工程中，赢得了广泛赞誉。



# 2

特色技术

## 2.1 热煨弯管

热煨弯管是重要的压力管道元件之一，用于管道转弯处，改变长输管道走向，由直管段和弯曲段两部分组成，主要应用在油气输送管道、城市管网等管道工程中。产品拥有专有技术6项、实用新型专利4项，广泛应用于陕京输气管道一期工程、涩-宁-兰输气管道工程、兰-成-渝输油管道工程、忠-武输气管道工程、西气东输一线管道工程、陕京输气管道二期工程、西气东输二线管道工程以及中亚、中缅、中印、中俄、乍得、尼日尔、苏丹、利比亚、肯尼亚、澳大利亚等国内外管道工程中。

- ◆ 端口及椭圆度等几何形状尺寸控制准确。
- ◆ 热煨弯管的外弧侧壁厚减薄率可控制在10%以下。
- ◆ 可对高钢级管材采用热煨弯管全程加热技术。
- ◆ 热煨弯管最大直径达1620mm、壁厚可达40mm。

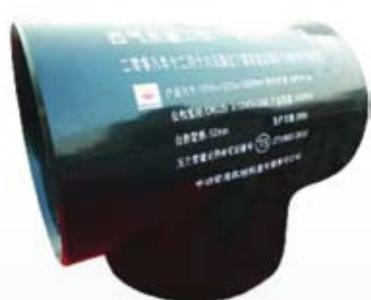


热煨弯管

## 2.2 热压管件

管件是将管子连接成管路的零件，是管道系统中起连接、控制、变向、分流、密封、支撑等作用的零部件的统称，包括三通、弯头、管帽、异径接头等产品，是石油天然气输送管道的重要部件。产品拥有专有技术6项、实用新型专利4项，广泛应用于陕京输气管道一期工程、涩—宁—兰输气管道工程、兰—成—渝输油管道工程、忠—武输气管道工程、西气东输一线管道工程、陕京输气管道二期工程、西气东输二线管道工程以及中亚、中缅、中印、中俄、乍得、尼日尔、苏丹、利比亚、肯尼亚、澳大利亚等国内外管道工程中。

- ◆与传统的经验设计方法相比，仿真分析技术能够利用热模拟技术对管件成型尺寸进行有限元分析并精确控制。
- ◆通过数百组理化性能试验，熟练掌握了X80钢级及以下钢级大口径管件的焊接和热处理工艺。
- ◆拥有国内唯一一家使用锻压操作机应用于坯料机械化入炉、热工件工序转移、工件机械化装卡等操作的管件制造企业。
- ◆拥有的4000吨压力机是国内管件制造行业中加工能力最大的压力机。
- ◆掌握高钢级管线钢管件自动焊技术，有效提高热压管件的生产效率。



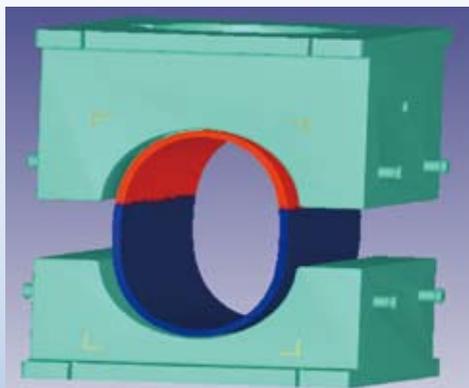
三通



弯头



异径接头



热压三通的热模拟成型



热压弯头片的压制

## 2.3 整体式绝缘接头

整体式绝缘接头是油气长输管道、城市管网等管道工程中不可缺少的压力管道元件之一，用于切断钢质管道的纵向电流，把有阴极保护的管段和无阴极保护的管段隔离开，具有埋地钢制管道要求的强度、密封性能和电化学保护工程所要求的电绝缘性能。拥有实用新型专利1项，专有技术4项、企业标准1项。广泛应用于西二线乌独石化、西二线东段、漠大线、庆铁线、山东管网等国内重大工程中。

- ◆ 与普通绝缘接头和绝缘法兰相比，整体式绝缘接头密封性能好，其性能更加优越。
- ◆ 整体式绝缘接头具有独特的U形密封结构和高电压保护措施，绝缘效果更加显著。
- ◆ 与普通绝缘接头和绝缘法兰相比，整体式绝缘接头承受管道热应力或地壳自然运动带来的弯矩效果更加突出，可以承受相接管线产生的轴向应力达到其材料屈服强度的0.72倍。
- ◆ 热模拟技术和有限元分析相结合，对整体式绝缘接头成型尺寸进行精确控制。



整体式绝缘接头

- ◆ 水压加弯矩、水压压力循环、电绝缘等试验测试，确保整体式绝缘接头在高压、大直径工况下密封可靠。
- ◆ 采用特殊的密封材料具有更强的抗老化、防腐蚀、耐高温和低温性能。

## 2.4 安全自锁型快开盲板

快开盲板是长输油气管道站场设备的关键部件，通过它来实现其快速开启和关闭，从而提高操作和维护效率，降低维护成本。拥有实用新型专利 5 项、专有技术 4 项、企业标准 1 项，广泛应用于乍得管道、尼日尔管道、肯尼亚管道、陕京二线地下储气库群、中俄原油管道黑龙江穿越段、庆铁线、江苏 LNG 管道、普光气田、山西沁水煤层气田、中海油渤海平台、西气东输改造工程等国内重大工程中。

- ◆ 安全自锁型快开盲板结构紧凑、节省材料，其性能更加优越，开启更加快捷。
- ◆ 采用有限元分析设计，考虑疲劳载荷，科学、经济、可靠。
- ◆ 安全自锁型快开盲板具有 C 形复合自紧密封结构，性能更加可靠，维护更加方便。
- ◆ 安全自锁型快开盲板锁紧结构采用自锁原理，双相不锈钢锥形自锁圈卡在头盖和端法兰之间，360 度均匀受压，受力更加均匀。
- ◆ 大型立式安全自锁型快开盲板的结构提升与旋转机构采用电力驱动实现了自动化，高效便捷，为世界首创，而其他型快开盲板需吊车配合才能开启。
- ◆ 采用耐高硫化氢酸性湿气的密封圈、双重密封结构和堆焊工艺，密封工艺成熟。
- ◆ 焊接和热处理工艺技术娴熟。
- ◆ 配备机械钥匙互锁系统锁，防止人为误操作。



卧式安全自锁型快开盲板



立式安全自锁型快开盲板

## 2.5 组合式过滤分离器

旋风组件和过滤聚结组件分别与筒体采用可拆卸的连接结构，聚结滤芯与过滤滤芯可互换，气体较干净时，取出旋风组件、将聚结滤芯换为过滤滤芯，可有效降低运行能耗和耗材成本。

- ◆ 组合式过滤分离器集成设计大大缩小了站场的占用面积。
- ◆ 与分体的过滤分离器和旋风分离器相比，组合式过滤分离器聚结滤芯与过滤滤芯可互换，可有效降低运行能耗和耗材成本。
- ◆ 开发出了 DN50 ~ DN150 多系列气液、气固分离元件，不同工况选用不同分离元件，保证产品最佳性能。
- ◆ 可利用 CFD 流体数值模拟技术对组合式过滤分离器进行优化设计。
- ◆ 配套自主研发的大型立式快开盲板，操作维护便捷。
- ◆ 拥有分离性能测试实验室，掌握旋风子和滤芯性能测试方法，产品中选用的旋风子和滤芯均经过性能标定。
- ◆ 拥有整台组合式过滤分离器常压工况性能测试和高压在线检测技术。



组合式过滤分离器

## 2.6 PIW 型管道全位置自动内焊机

自主研发的 PIW 型管道内环缝自动焊机，其对口系统和焊接系统结构的一体化设计可实现大口径管道焊接施工过程中管口组对和根焊。为国家重点新产品、中国企业新纪录（第十四批）产品，拥有 4 项国家专利，被成功应用于西气东输一线、陕京复线、西气东输二线等工程。

- ◆应用先进的气动技术及数字控制技术，使管道内环缝自动焊机具备管内自由行走、管口组对、多焊炬同步定位、自动快速内环缝焊接等多种功能。



PIW 型管道全位置自动内焊机

## 2.7 PAW2000 单焊炬管道全位置自动外焊机

自主研发的PAW2000单焊炬管道全位置自动外焊机主要用于长输管道施工过程中管口的自动焊接。整套设备主要由焊接小车、导向轨道、计算机控制系统、保护气供气系统等组成。具有完全自主知识产权，荣获中国石油天然气集团公司技术创新二等奖，拥有2项国家专利，成功应用于涩—宁—兰输气管道工程、西气东输一线、中哈原油管道、印度东气西输、阿布

扎比、西气东输二线等国内外管道工程，累计焊接1000余千米，焊接一次合格率97%以上，在西气东输工程中创下了日焊接128道的焊接纪录。

- ◆ 整个焊接过程可通过计算机或编程器对各项焊接参数进行编程预置予以准确控制，且其焊接速度、送丝速度、摆动宽度、摆动速度、焊接电压及焊接电流等参数可随焊接状态的变化而变化。



PAW2000 单焊炬管道全位置自动外焊机

## 2.8 PAW3000 双焊炬管道全位置自动外焊机

自主研发的 PAW3000 双焊炬管道全位置自动外焊机，主要用于长输管道施工过程中管口的自动焊接。整机主要由焊接小车、快装式专用轨道、计算机控制系统、焊接控制系统、保护气装置、专用焊接电源等组成。荣获 2008 年度中国石油天然气集团公司科技进步二等奖、中国石油和化学工业协会科技进步二等奖，河北省科技进步三等奖，被评为中国石油天然气

集团公司自主创新重要产品、国家重点新产品，拥有 3 项国家专利，成功应用于西气东输二线工程中，一次焊接合格率 97% 以上。

- ◆ 采用 DSP（数字信号处理器）和 CPLD（复杂可编程逻辑器件）为核心的全数字智能化运动控制技术和嵌入式操作系统，可准确控制每个焊炬的空间位置、焊接速度、送丝速度、焊接电压、焊炬摆动宽度、摆动速率和边沿停留时间。



PAW3000 双焊炬管道全位置自动外焊机

## 2.9 PFM 型管端坡口整形机

自主研发的 PFM 型管端坡口整形机主要用于长输管道焊接现场坡口加工，是管道施工过程中采用全自动焊接技术的关键配套设备。整机分为主机和液压站两大部分，主机完成定位和切削功能，液压站提供动力，可加工 V 形、U 形、X 形以及各种复合型坡口。荣获中国石油天然气集团公司科技创新二等奖，为中国企业新纪录产品，拥有 1 项国家专利，成功应用

于西气东输一线、印度管线、中亚天然气管线、西气东输二线等国内外重大工程。曾创下日平均整形坡口 100 余道的纪录，完全满足自动焊接对坡口形状和精度的要求。

- ◆ 旋转刀盘上的跟踪仿形机构可确保加工坡口的形状、尺寸均匀一致。PFM 型管端坡口整形机具有操作简便、加工精度高、坡口成型好等特点。



PFM 型管端坡口整形机

## 2.10 PPC 型管道气动内对口器

自主研发的 PPC 型气动内对口器（简称 PPC 对口器）主要用于长输管道焊接施工中管口的校圆和组对，设备采用卧式构架布局，由扩张装置、行走装置、导向保护栏操纵装置、气动系统等部件组成。拥有 1 项国家专利，1 项企业标准，成功应用于西气东输一线、陕京

复线、印度、中亚、俄罗斯、西气东输二线等国内外管道工程中。

- ◆ 与外对口器相比，PPC 型气动内对口器具有张紧力大、管口组对精度高、操作方便等特点。
- ◆ 驱动轮与制动机构互锁技术的应用，使得 PPC 型气动内对口器的行走及刹车更为可靠。



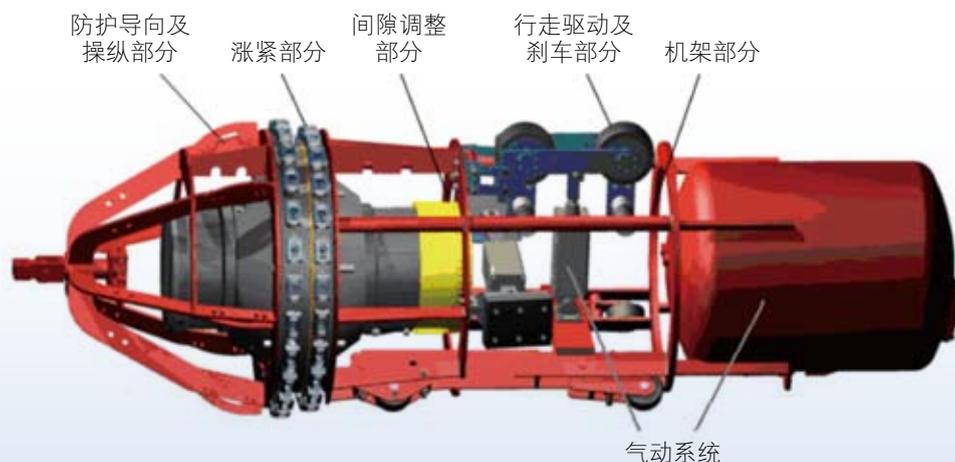
PPC 型管道气动内对口器

## 2.11 PPC-GA 大张力间隙可调式管道气动内对口器

自主研发的 PPC-GA 大张力间隙可调式管道气动内对口器在结构设计上采用了全新的二级力放大机构，并在常规对口器的基础上增设了对口间隙可调功能。张紧气缸横卧布局，消除了基盘的轴向受力，使张紧力传递效率得到

提高；张紧机构采用了二级增力技术，提高了对口器的张紧力；对口间隙定位调节灵活、对口精度高。拥有 3 项国家专利，为中国企业新纪录（第十二批）产品。

- ◆ 采用二级增力技术，提高了对口器的张紧力。
- ◆ 间隙定量调节技术，可保证对口间隙定位调节灵活、对口精度高。



PPC-GA 大张力间隙可调式管道气动内对口器

## 3

## 应用案例

自主研发生产的高钢级管件、热煨弯管、快开盲板、绝缘接头和组合式过滤分离器等产品广泛用于石油开采、石油化工、石油天然气储运、城市燃气、化纤、建材等工业领域。产品已经获得国内各石油公司的产品入网认证，是中国长输管道建设的核心供货商。成功应用于西气东输二线管道工程、西二线乌独石化、漠大线、庆铁线、山东管网等重大国内工程及中亚、乍得、尼日尔、肯尼亚等国外管道工程中。



西气东输二线旋风分离器

中亚天然气管道工程过滤分离器



自主研发生产的PIW型管道全位置自动内焊机、PAW2000单焊炬管道全位置自动外焊机、PAW3000双焊炬管道全位置自动外焊机、PFM管端坡口整形机、PPC管道气动内对口器等焊接设备，广泛应用于西气东输一线、西气东输二线、陕京三线、印度东气西输、中哈、中亚、中乌、中俄等国内外重大油气管道工程。管道

自动焊具备焊接速度更快、焊接质量更好、一次焊接合格率更高、有效摒除手工焊和半自动焊中人为因素的影响、降低焊工的劳动强度等优势，尤其在长距离、高钢级、大口径、厚壁油气管道的高效焊接施工中自动焊接技术的优势更为显著。



西气东输二线工程应用



印度东气西输工程应用

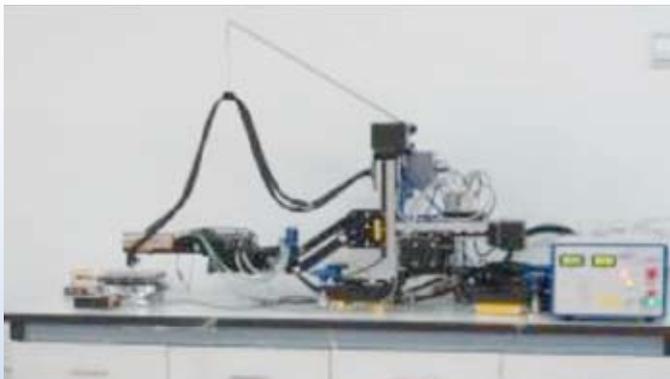
# 4

## 科研装备

中国石油拥有油气管道输送安全国家工程实验室，是“十一五”期间国家计划建设的100个国家级工程实验室之一，下设七个专业实验室，拥有各类科研仪器设备237台套，设备原值约1.5亿元，拥有热力模拟试验机、透视电子显微镜、电液伺服疲劳试验机、微剪切试验机、宽板拉伸试验机等国际先进水平的关键科研仪器98台套，新度系数0.7，可进行管（罐）寿命评估与安全评价、金属与非金属材料全性能分析测试。

中国石油拥有专业的机械制造公司，厂区占地面积 $20 \times 10^4 \text{m}^2$ ，建筑面积约为 $6 \times 10^4 \text{m}^2$ ，

生产厂房14座，拥有各类生产设备430余台套、检验试验设备50余台套。具备制造管道站场和油田油气集输设备所需的全部设备和技术手段，固定资产达1.3亿元。可设计制造压力100MPa以下的压力容器、 $200\text{m}^3$ 以下的整体出厂的液化天然气储罐及其他油气储运站场承压设备和部件，年产量可达20000t以上；可生产碳素钢、合金钢、石油管线钢等各种材料、各种用途的DN10—DN1600mm的热煨弯管和管件，直径1016mm以上热煨弯管年产量达到7500件，各类管件年产量达10000t以上。



X射线残余应力测试仪



热模拟实验机



2000t 宽板拉伸试验机



MTS 疲劳试验机



4000t 压力机



坯料加热炉



埋弧自动焊机



移动式 X 射线探伤机



数控等离子切割机



15m 刨边机

# 5

## 资质与标准



中国石油具有 A、B 类压力管道元件制造许可证和 A1、A2 压力容器设计、制造许可证书。



## 专利情况

序号	专利名称	专利号 / 申请号
1	快开门装置	ZL 2009 2 0158134.0
2	双相密封圈	ZL 2009 2 0153881.5
3	一种大口径高压整体式管道绝缘接头	ZL 2009 2 0277612.X
4	三通拉拔送盘装置	ZL 2010 2 0242167.6
5	高钢级大口径厚壁三通制造工艺方法	201010214950.6
6	热煨弯管椭圆度控制装置	ZL 2010 2 0242171.2
7	X80 钢级埋弧自动焊管件整体调质处理的工艺方法	201010283153.3
8	快装式管道自动焊轨道	01258930.6
9	铰接式多功能焊接小车	01258927.6
10	管端面坡口整形机	01258928.4
11	管道全位置焊机偏心式自动锁紧行走机构	200320103054.8
12	双焊炬管道全位置自动焊机对称弧摆机构	200320103052.9
13	管道内环缝自动焊机专用焊接单元	03217442.X
14	管道内环缝自动焊机多焊头同步焊接驱动机构	03217441.1
15	管道内环缝自动焊机多焊头同步定位机构	03217443.8
16	内对口器间隙调整器	03206062.9
18	管道内整形对口器	03206063.7
19	带铜垫的管道气动内对口器	200520118135.4

序号	专利名称	专利号 / 申请号
20	大张力管道内对口器	200520113989.3
21	管道环焊缝间隙双活塞调解机构	200520013990.6
22	管道气动内对口器对口间隙可调机构	200820080679.x
23	管道内焊机电缆内绕式旋转机构	200820080678.5

## 执行标准

序号	标准名称	标准号
1	管道全位置自动焊机技术规范	Q/CNPC-GD 0237-2001
2	管端坡口整形机技术规范	Q/CNPC-GD 0239-2001
3	管道气动内对口器技术规范	Q/CNPC-GD 0238-2001
4	油气管道工程感应加热弯管通用技术条件	CDP-S-OGP-PL-016-2011-2
5	油气输送用钢制弯管	SY/T 5257
6	油气输送管道感应加热弯管通用技术条件	Q/SY GJX 111-2010
7	油气管道工程 DN350 及以下管件通用技术条件	CDP-S-OGP-PL-010-2011-2
8	油气管道工程 DN400 及以上管件通用技术条件	CDP-S-OGP-PL-011-2011-2
9	钢板制对焊管件	GB/T13401-2005
10	钢制对焊管件	GB/T12459-2004
11	油气输送管道工程用 DN350 及以下管件技术条件	Q/ SY GJX 105
12	油气输送管道工程用 DN400 及以上管件技术条件	Q/ SY GJX 106
13	优质钢制对焊管件规范	SY/T-0609
14	Specification for high test wrought butt-welding fittings	MSS-SP-75
15	Factory-made wrought steel butt welding fittings	ASME B16.9
16	压力容器	GB150
17	固定式压力容器安全技术监察规程	TSG R0004
18	输气管道工程设计规范	GB50251
19	输油管道工程设计规范	GB50253
20	整体式绝缘接头	Q/ST GDJ0325-2009
21	钢制压力容器 - 分析设计标准	JB4732
22	安全自锁型快开盲板	Q/ST GDJ0324-2009
23	天然气输送和分输管道系统	ASME B31.8
24	碳氢化合物流体和其他流体管输系统	ASME B31.4
25	ASME 锅炉及压力容器规范	ASME VIII Division 第一卷
26	ASME 锅炉及压力容器规范	ASME VIII Division 第二卷

# 6

## 专家团队

中国石油拥有以管件产品和焊接装备技术专家为核心，以技术学术带头人为主的专家团队，能够为用户提供满意的产品、完善的技术咨询方案和售后服务。



**李鹤林** 材料科学家，石油管材工程专家，中国工程院院士。是中国石油管材研究工作的主要开创者之一。

Email : lihelin@cnpc.com.cn



**高泽涛** 焊接专业高级技术专家，政府特殊津贴专家，教授，中国油气管道输送安全国家工程实验室主任，主持了西气东输一线、西气东输二线等重大管道工程关键技术研究。

电话：0316-2171669

Email : gaozetao@cnpc.com.cn



**薛振奎** 焊接专业高级技术专家，政府特殊津贴专家，教授，博士生导师，主持了西气东输一线、西气东输二线等管道工程焊接技术研究，曾承担多项国家和省部级课题研究。

电话：0316-2171884

Email : xuezhenkui@cnpc.com.cn



**梁君直** 机械专业高级技术专家，政府特殊津贴专家，教授，曾承担多项国家和省部级课题研究。

电话：0316-2172369

Email : ljunzhi@263.net



**邹峰** 管道高级技术专家，高级工程师，多年从事高钢级管件、站场装备等技术研究，承担多项站场装备的研发，具有丰富的理论和实践经验。

电话：0316-2373617

Email：cppmzouf@cnpc.com.cn



**李玉卓** 弯管管件制造技术专家，高级工程师，多年从事高钢级管件技术研究，承担多项高钢级大口径弯管管件技术的研发，具有丰富的理论和实践经验。

电话：0316-2373593

Email：cppmliy@cnpc.com.cn



**隋永莉** 管道高级技术专家，高级工程师，多年从事管道焊接工艺技术研究，曾承担多项国家和省部级课题，获得多项省部级以上奖励，具有丰富实践经验。

电话：0316-2173015

Email：suiyl1970@126.com



**曾惠林** 管道技术专家，高级工程师，多年从事管道焊接装备开发，曾承担多项国家和省部级课题，获得多项省部级以上奖励。

电话：0316-2173033

Email：pipezhl@sina.com



**杨云兰** 高级工程师，多年从事油气管道设备的设计研发工作，完成多项新产品研发与成果转化项目，完成多项国内外油气管道工程关键设备的设计审核工作，具有深厚的理论基础和丰富的实践经验。

电话：0316-2372034

Email：cppmyangyl@cnpc.com.cn



联系人：刁顺 先生  
电 话：86-10-5998-6059  
Email: [sdiao@cnpc.com.cn](mailto:sdiao@cnpc.com.cn)

Contact: Mr. Diao Shun  
Tel: 86-10-5998-6059  
Email: [sdiao@cnpc.com.cn](mailto:sdiao@cnpc.com.cn)



