

高等级管线钢埋弧 焊接技术

2014 年

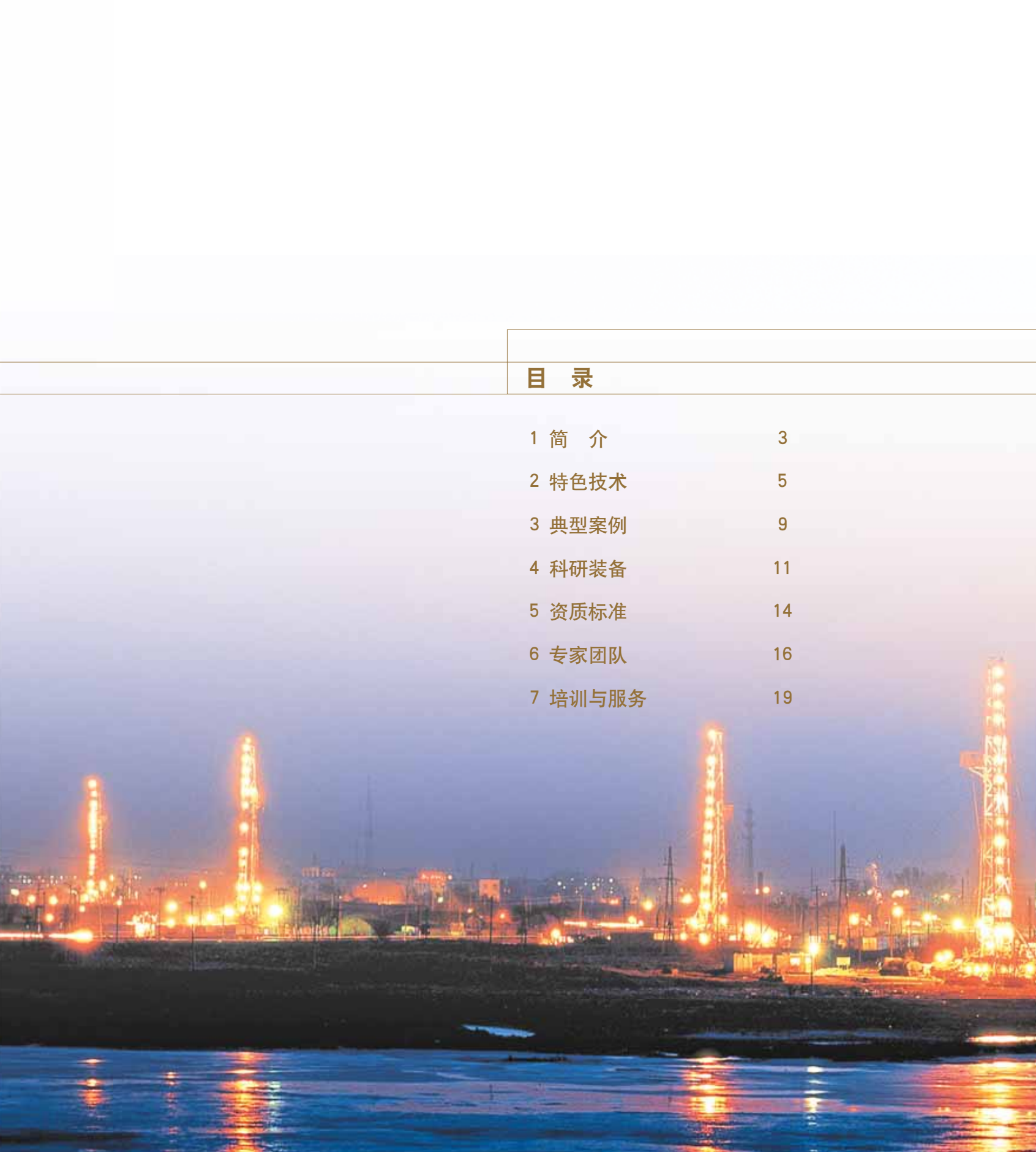


中国石油天然气集团公司 科技管理部

高等级管线钢埋弧焊接技术

助油气管道建设扬帆远航!





目 录

1 简 介	3
2 特色技术	5
3 典型案例	9
4 科研装备	11
5 资质标准	14
6 专家团队	16
7 培训与服务	19



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。

高等级管线钢管理弧焊接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

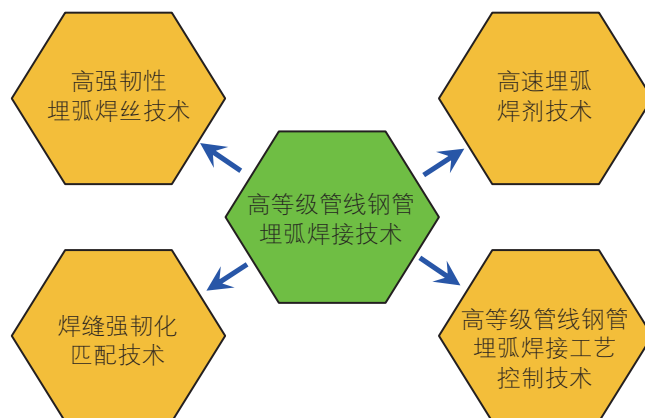
1 简介

管道输送是石油天然气最经济、最安全的输送方式，高等级、大口径、长距离、高压油气输送已成为国际油气输送技术的发展方向。

中国石油高等级管线钢管埋弧焊接技术，适用于 X70 及以上钢级的管线钢管的埋弧焊接，具有焊缝强度高、韧性好、形貌美观、焊接效率高等特点。

应用该技术生产的高性能埋弧焊管产品超过 500 万吨，广泛应用于西气东输一线、二线、三线、陕京管线、中缅管线等国家重大管线工程。同时，应用于印度“东气西送”

等国外重大油气管道工程，使我国在世界高性能油气管道工程建设方面由追赶者一跃成为领跑者。



高等级管线钢管埋弧焊接技术由高强韧性埋弧焊丝技术、高速埋弧焊剂技术、焊缝强韧化匹配技术和高等级管线钢管埋弧焊接工艺控制技术组成。



国内外产品分布图

2 特色技术

高强韧性埋弧焊丝技术

焊丝是管线钢管主要焊接材料之一，其性能直接影响焊缝的强度、韧性及质量。与普通焊丝相比，高强韧性埋弧焊丝具有焊缝强度高、低温韧性好及扩散氢含量低等优点。

高强韧性埋弧焊丝技术基于 Mn、Cr、Mo、Ti、V 等多元合金、微合金强韧化机理，通过优化的焊接工艺，使焊缝形成以针状铁素体为主的显微组织，保证焊接接头具有优良的强度及韧性，该技术生产的焊丝产品获得多项国家发明专利。

应用该技术生产的 BG-H06H1、BG-H08C 等高强韧性焊丝，其焊缝熔敷金属强度可达到 540MPa 以上， -20°C 夏比冲击功达到 80J 以上。用于 X70、X80 焊管生产中焊缝抗拉强度分别达到 570MPa (X70 钢级)、625MPa (X80 钢级) 以上， -10°C 焊缝夏比冲击功平均达到 130J 以上。



焊丝成品



焊丝应用现场



焊剂成品



焊剂应用现场

高速埋弧焊剂技术

焊剂在埋弧焊接过程中，主要作用是形成熔渣保护焊接熔池、净化焊缝、调整焊缝成分、优化焊缝成形质量，对焊接过程的稳定性和焊缝质量有着重要影响。

为了解决高等级管线钢管焊接时焊缝韧性波动大、工艺性能差、焊速低等难题，系统研究了焊剂渣系与焊接工艺性、冲击韧性的关系，开发出了氟碱型高速埋弧焊剂，获得多项国家发明专利。

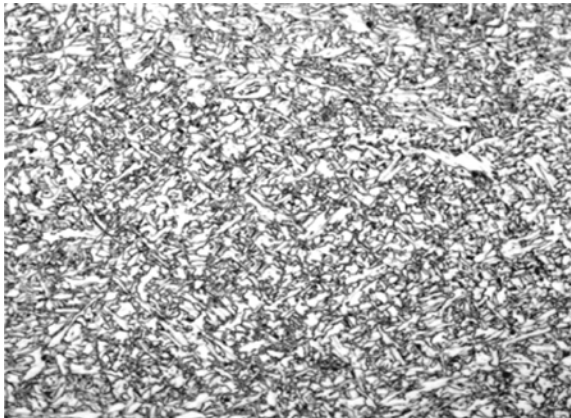
生产的 BG-SJ101H1 高速埋弧焊剂，用于 X70、X80 焊管生产中，在高焊速下（焊速 1.7m/min），焊缝工艺性能良好，质量稳定。同时，焊缝抗拉强度分别达到 570MPa(X70 钢级)、625MPa（X80 钢级）以上， -10°C 焊缝夏比冲击功平均达到 130J 以上。

焊缝强韧化匹配技术

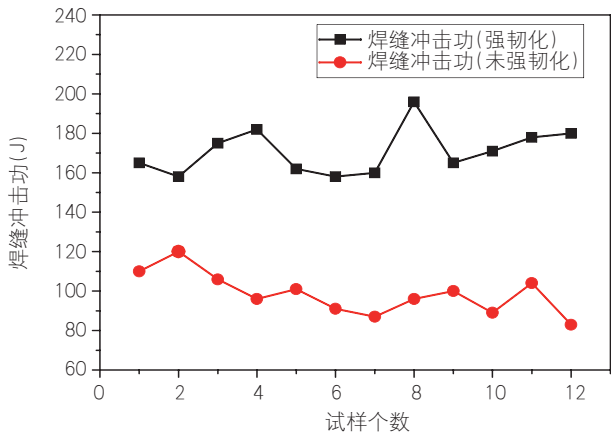
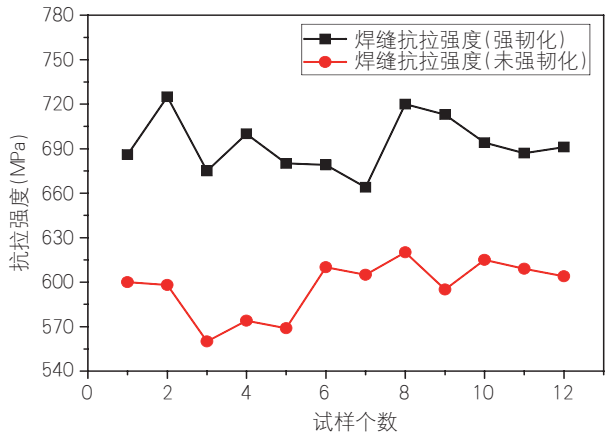
针对高等级管线钢成分、组织、性能特点，在确保焊缝与母材等强匹配的基础上，利用埋弧焊过程中母材、焊丝、焊剂三者焊接熔池中的冶金反应，合理过渡、调整焊缝金属中的合金元素，实现优化焊缝组织、细化焊缝晶粒、净化晶粒晶界，使焊缝具有较高的强度及韧性。



x80 焊缝宏观照片
(焊缝形貌规整, 过渡平滑)



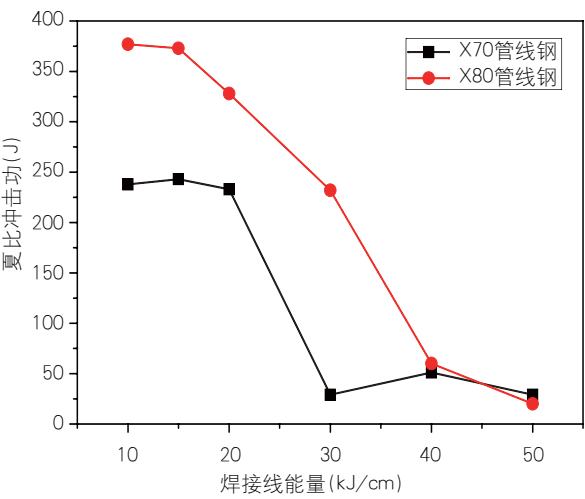
x80 焊缝组织
(焊缝组织均匀细化)



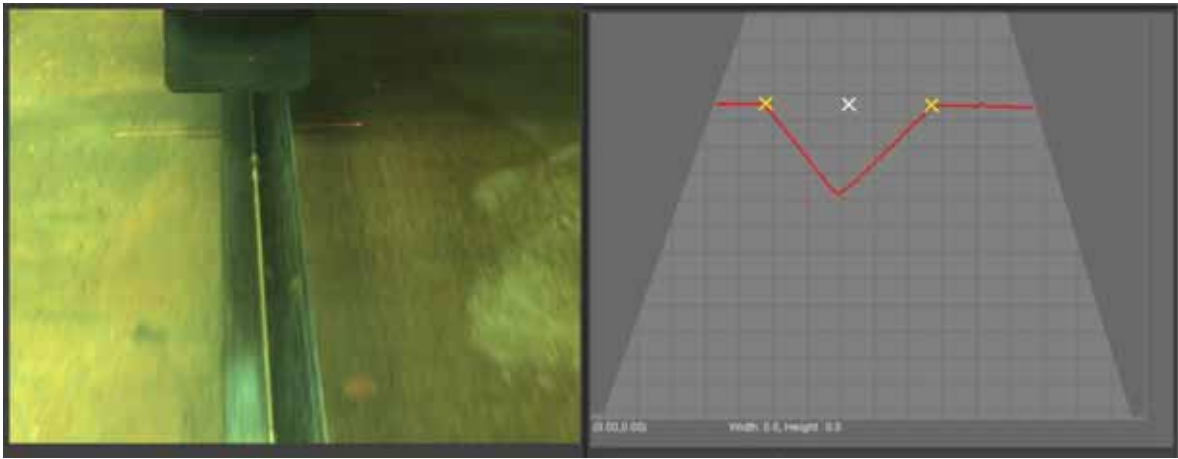
(焊缝强韧化后焊缝抗拉强度提高 96MPa, 焊缝冲击功提高 72J)
X80 管线钢焊缝强韧化技术应用效果

高等级管线钢管埋弧焊接工艺控制技术

针对不同钢级、管径、壁厚的管线钢管，研究设计不同坡口形状、焊接线能量与焊缝性能之间的关系，优化焊接电流、电压、焊速等关键工艺参数，确保钢管焊接接头获得良好的整体性能。同时，管线钢管制造中焊接速度从1.3m/min 提高到1.7m/min，生产效率提高了30% 以上。



焊接线能量与管线钢冲击韧性的关系



焊接坡口及坡口跟踪

3 典型案例

3.1 全面应用于西气东输等工程，确保国家重大能源通道建设

中国石油采用该技术，生产出了高性能的 X70、X80 管线钢管，产品性能达到了国际先进水平，填补了国内空白。生产的 X70 级 $\Phi 1016 \times 14.6 \sim 17.5\text{mm}$ 、 $\Phi 1067 \times 15.9\text{mm}$ 、X80 级 $\Phi 1219 \times 18.4\text{mm}$ 埋弧焊管广泛用于西气东输、中缅、中亚及陕京线等国内重大油气输送工程，共计 400 多万吨，有力保障了国家工程建设的需要，同时，减少了二氧化碳排放量，促进了国家绿色经济的发展。



西气东输二线“第一管”



西气东输三线第一列钢管发运

高等级管线钢管埋弧焊接技术在重大管线上的应用

序号	管线名称	钢级	规格 (mm)	焊丝名称	焊丝使用量 (吨)	焊剂名称	焊剂使用量 (吨)
1	西气东输一线	X70	$\phi 1016 \times 14.6 / \phi 1016 \times 17.5$	BG-H08C	711	BG-SJ101G	813
2	西气东输二线	X80	$\phi 1219 \times 18.4$	BC-H06H1 / BG-H08C	6769	BG-SJ101H1	10900
3	西气东输三线	X80	$\phi 1219 \times 18.4$	BC-H06H1 / BG-H08C	4724	BG-SJ101H1	5399
4	中亚管线	X70	$\phi 1067 \times 15.9$	BG-H08C	2100	BG-SJ101G	2400
5	印度管线	X70	$\phi 1219 \times 17.2$	BG-H08C	427	BG-SJ101G	488

3.2 中标海外重大管线工程，彰显业界实力

中国石油在与国外众多著名钢管公司竞争中脱颖而出，成功中标印度“东气西输”X70 $\Phi 1219 \times 17.2\text{mm}$ 管线合同 60 多万吨，创汇 5.37 亿美元，成为中国石油单笔最大的国际钢管合同，产品质量受到业主的高度评价。



印度东气西输管线示意图
全长：1244Km

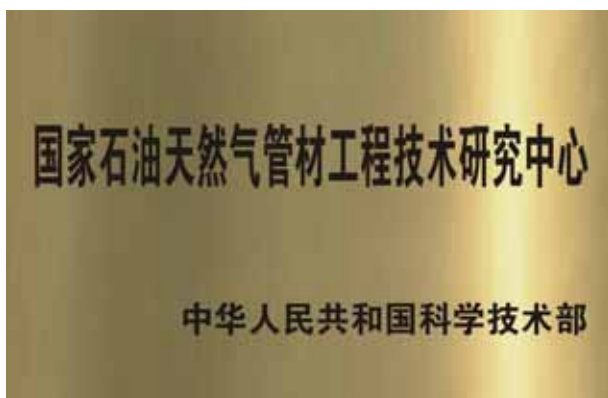


印度东气西输管线
第一船钢管发运

4

科研装备

拥有国家石油天然气管材工程技术研究中心，科研装备精良、设备先进，可满足石油天然气用钢管材料设计技术、工艺控制技术、检测评价技术、管材应用现场工程服务技术等研究的需要，为新产品、新工艺的开发提供有力保证。



MTS 250KN 动静态实验机可进行管线钢断裂韧性、CTOD、材料疲劳等力学性能测试，实验机的拉压式力传感测量精度可达到了 ISO 0.5 级。



MTS 250KN 动静态实验机



静水压爆破场试验检测设备



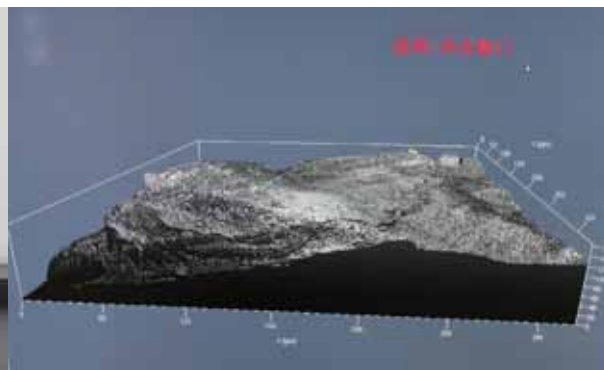
静水压爆破管

静水压爆破检测可在不同压力 (50 ~ 130MPa) 下对焊管进行水压爆破检测，测试钢管爆破时周长变化率，评价钢管整体性能。

焊剂试验室可进行实验室焊剂的开发，进行原料的配料、干混、造粒、烧结等工艺过程实验。针对焊剂原料各成分对焊接工艺性能及焊缝力学性能的影响，优化焊剂原料各成分配比。



LSM 700 型激光共聚焦扫描显微镜



冲击断口

LSM 700 型激光共聚焦扫描显微镜是当前最先进的激光共聚焦扫描显微镜，采用独创的激光光路设计，具有 405nm 的激光光路，主要用于管线钢显微组织、断口形貌和韧窝深度分析，还可对表面裂纹、粗糙度进行定量分析。

数字化焊接试验装置主要用于不同壁厚（最大壁厚 50mm）、不同钢级（X42 ~ X100）、不同管径（最大管径 1422mm）的单丝、双丝及多丝（3 ~ 6 丝）螺旋 / 直缝埋弧焊接工艺试验，为钢管的工业化生产提供技术支持。



数字化焊接试验装置

5 资质标准

企业资质

国内同行业第一个取得美国 API 石油协会认可的质量管理体系证书，并拥有挪威船级社 (DNV) 认证证书和中国合格评定国家认可委员会授予的实验室认可证书 (CNAS 认定证书)。



标准

负责起草 GB/T9711《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》等国家石油管材标准 4 项，行业标准 17 项，翻译、转化国际标准 3 套。



专利

中国石油在高等级管线钢管埋弧焊接技术领域拥有的国家专利共 10 项。

序号	专利号	名称	类型
1	ZL 200510022707.3	高焊速高韧性氟碱型烧结焊剂	发明
2	ZL 200610104968.4	烧结焊剂生产工艺	发明
3	ZL 200610145593.6	管线钢用埋弧焊丝	发明
4	ZL 200810005040.X	高等级管线钢用高强度高韧性高焊速埋弧焊丝	发明
5	ZL 200810017525.0	管线钢用高强度高韧性高焊速埋弧焊剂	发明
6	ZL 201010110747.4	管线钢用高强度埋弧焊丝	发明
7	ZL 200410073353.0	高等级管线钢用埋弧焊接材料	发明
8	ZL 200710017201.2	高等级管线钢用埋弧焊接材料	发明
9	CN101549445.	X80 管线钢用埋弧焊焊剂材料及其制备方法	发明
10	CN101549445.	X80 管线钢用埋弧焊焊丝材料及其制备方法	发明

6

专家团队

中国石油拥有专业的油气管材技术研发团队,在册员工 94 人,硕士和中级职称以上人员 74 人,聘请了 20 位国内外享有盛誉的技术专家,能够针对客户需求,开发专有的产品并提供成套的技术解决方案。



李鹤林

中国工程院院士,教授级高工,博士生导师。主持研制 10 余种新材料,提出并建立了“石油管工程”学科领域。主持的 23 项成果获省部级以上科技进步奖,出版专著 7 部,在国内外发表论文 170 余篇。

电话:010-84922751

E-mail: lihl@tgrc.org



杨忠文

高级技术专家,教授级高级工程师。主持完成了国家“863”计划项目、中国石油天然气集团重大科技专项等 10 余项科研项目。起草和翻译国际、国家和行业标准 20 余项,发表论文 17 篇,获专利 17 项。

电话:0917-3398470

E-mail: bsgyzw@cnpc.com.cn



雷胜利

高级技术专家,教授级高级工程师,博士生导师。主持、参与完成多项国家及中国石油天然气集团公司重大科研项目,先后获得国家及省部级科学技术奖 8 项,获专利 5 项,发表论文 20 余篇,出版专著 1 部。

电话:0917-3398399

E-mail: bsglsl@cnpc.com.cn



高惠临

教授，博士生导师。长期从事材料科学与工程的研究工作，在管道材料和管道安全领域有专长，主持国家和省部级等科研项目 20 余项，独立和合作出版学术著作 4 部，发表论文 170 余篇。
电话：029-82382598
E-mail: hlgao@xysu.edu.cn



苏 琦

高级技术专家，高级工程师。主持、参与 10 余项中国石油天然气集团公司重大科研项目，参与多项国家石油钢管制造行业标准起草，获得中国石油天然气集团公司科技进步奖 6 项。
电话：0917-3398322
E-mail: bsgsq@cnpc.com.cn



毕宗岳

高级技术专家，博士，教授级高级工程师。主持或参与完成重大科研项目 10 余项，出版专著 1 部，发表论文 30 余篇，制修订国家和行业标准 5 项，获省部级奖 10 项，获专利 20 多项。
电话：0917-3398475
E-mail: bsgbzy@cnpc.com.cn



张建勋

教授，博士生导师。主持参与 30 余项科研项目，获国家发明专利 2 项，主编和参编图书与教材 5 部，发表论文 180 余篇，SCI 收录 10 余篇，EI 收录 30 余篇。
电话：029-82668807
E-mail: jxzhang@mail.xjtu.edu.cn



刘耀民

高级技术专家，硕士，高级工程师。主持或参与完成重大科研项目 3 项，发表论文 6 篇，获省部级科学技术一等奖 1 项。

电话：0335-5353005

E-mail: bsslym@cnpc.com.cn



牛 辉

高级技术专家，高级工程师，硕士生导师，陕西省“三秦人才”。参与完成重大科研项目 10 余项，发表论文 10 余篇，获省部级奖 6 项，获专利 8 项。

电话：0917-3398455

E-mail: bsgnh@cnpc.com.cn

7

培训与服务

培训

为了能让客户更加全面的了解管线钢管产品的生产标准，中国石油能够为客户提供完善的API《管线钢管规范》、GB/T 9711《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》等标准的培训。

服务

凭借国家油气管材工程技术中心功能完善的试验检测装备，经验丰富的技术团队，以及CNAS、CMA 资质，可为客户提供管材力学性能检测、组织分析、腐蚀试验、工艺研究等技术服务，并 24 小时响应，为客户提供最优质的售后服务。





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



