



套管滑套压裂技术

2016年



中国石油天然气集团公司科技管理部

套管滑套压裂技术

——延伸多层多段压裂的梦想！



目 录

1

简 介 / 4

2

特色技术 / 5

3

典型案例 / 9

4

科研装备 / 11

5

资质与标准 / 12

6

专家团队 / 14

7

服务与培训 / 16



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。

套管滑套压裂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

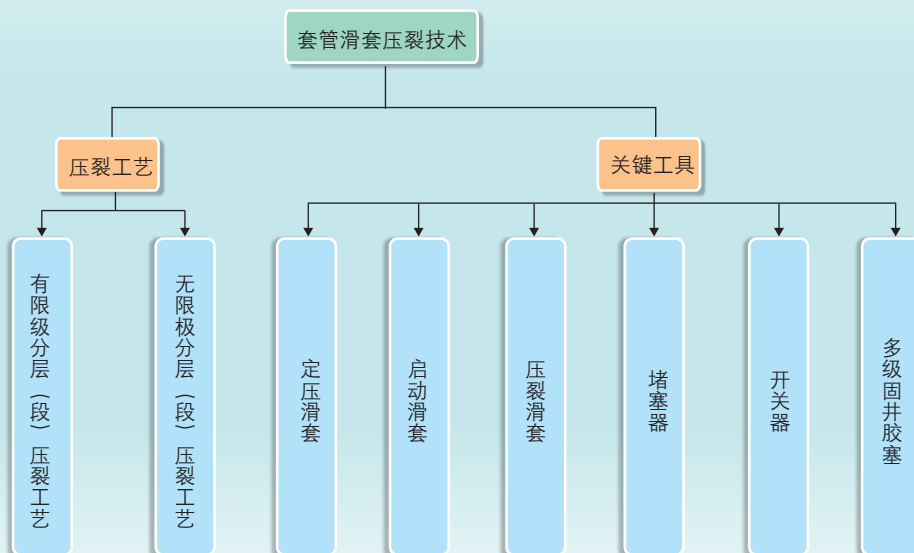
1

简介

近年来，国内外广泛应用“体积压裂”形成复杂缝网增加改造体积提高单井产量，直井多层、水平井多段已成为提高油气井单井产量的有效手段。套管滑套压裂技术便是实现多层（段）体积压裂的典型代表。

套管滑套压裂技术是利用套管注入压裂液，借助水泥环和堵塞器实现层（段）间封隔的一种完井、压裂一体化技术。该技术具有管柱通径大可满足大排量压裂施工、井筒完整性高有利于井筒后期作业、滑套可开关可实现选择性开采等优势。

中国石油自主研发了有限级、无限级两种系列套管滑套压裂技术，配套工具性能比国外同类工具更先进，且成本较国外同类工具降低 50% 以上，技术水平达到国际先进水平可满足不同井况多层（段）的压裂需求，现已在长庆油田规模推广应用。



2

特色技术

2.1 套管滑套分层（段）压裂工艺

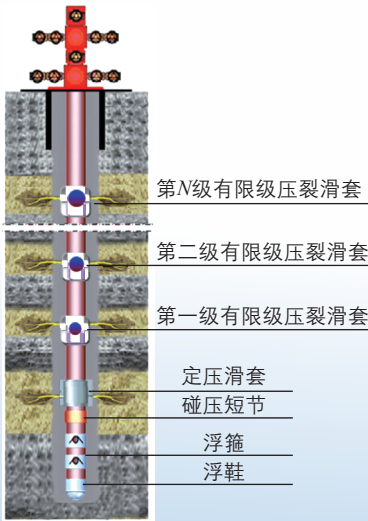
套管滑套压裂技术完井作业程序简便、工艺设计合理，工具性能稳定、可靠，施工效率高，具有以下优点：

- (1) 套管注入可满足大排量压裂需求。
- (2) 压后井筒完整性好可满足井筒后期作业需求。
- (3) 压裂滑套重复开关可满足选择性开采作业需求。

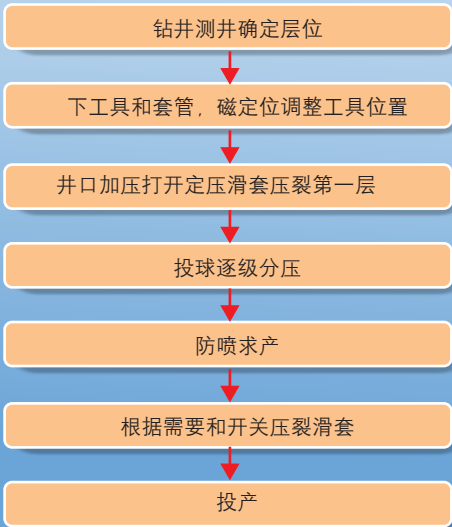
1. 有限级套管滑套分层（段）压裂工艺

有限级套管滑套工具随完井套管一起入井，各级工具端口依次对准油气层位，第一层（段）采用定压滑套压裂，第二层（段）以后依次投放不同尺寸可溶球，逐级打开相应压裂滑套，实现多层（段）连续分压，最后合层（段）排液、求产。

套管滑套压裂管柱主要由套管、有限级压裂滑套、定压滑套、碰压短节、浮箍、浮鞋等部件组成。管柱结构简单，适用于 $\phi 88.9\text{mm}$ 、 $\phi 114.3\text{mm}$ 、 $\phi 139.7\text{mm}$ 三种规格套管完井，分别可完成 4 层（段）、7 层（段）、11 层（段）的连续改造，工具耐压 70MPa、耐温 120℃。



有限级套管滑套压裂管柱



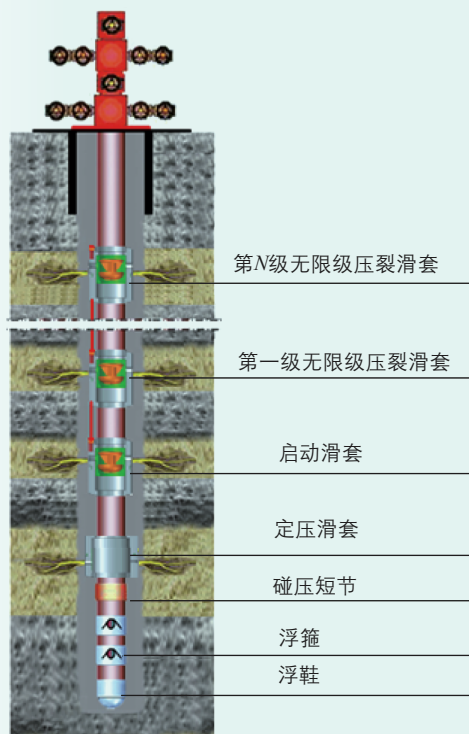
有限级套管滑套施工作业程序

2. 无限级套管滑套分层（段）压裂工艺

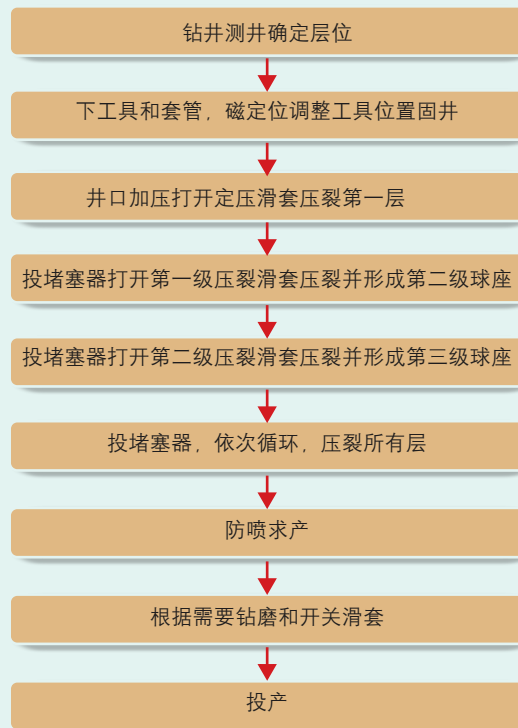
无限级套管滑套分层（段）压裂工艺采用同一内径的滑套，逐级投可溶堵塞器打开启动滑套压裂，同时通过导压管线使压力传导至上一级，在液缸的推动下使上一级的分瓣开口球座缩径形成整体闭合环球座，压完该层后投同一直径可溶堵塞器再压裂上一层（段），自下而上依次完成所有层（段）改造后合层排液求产。

无限极套管滑套压裂管柱管柱主要由套管、无限级压裂滑套、导压管线、启动滑套、定压滑套、碰压短节、浮箍、浮鞋等部件组成。

适用于 $\phi 88.9\text{mm}$ 、 $\phi 114.3\text{mm}$ 两种规格套管完井，耐压 120MPa、耐温 120℃，理论上可实现无限级数的分层（段）压裂。



无限级套管滑套压裂管柱



无限级套管滑套施工作业程序

2.2 关键工具

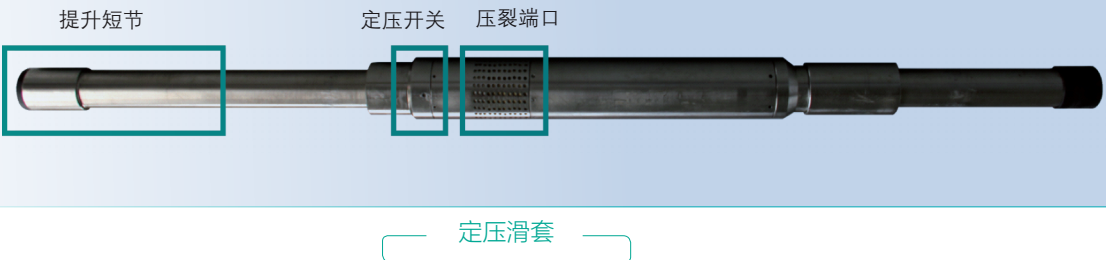
套管滑套压裂技术关键工具主要有定压滑套、压裂滑套、堵塞器、滑套开关器等。

1. 定压滑套

定压滑套是套管滑套压裂管柱的第一级压裂工具，通过井口加压，开启压裂通道，压开水泥环，建立压裂通道，对储层进行改造。

该工具替代固井条件下需射孔建立液流通道的常规作业方式，提高作业时效，开启压力灵活可调，控制准确。

性能指标：启动压力可根据井况调节；耐温 120℃。



2. 压裂滑套

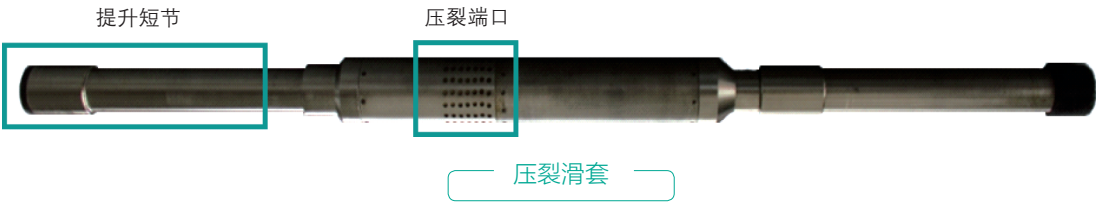
压裂滑套是建立固井压裂通道的工具，在非射孔井筒条件下，套管注入压裂液，通过投堵塞器打压开启压裂通道，压开水泥环，进行储层改造。

该工具拥有滑套锁定机构和复合式压裂端口保护机构，既可防止滑套意外关闭，又可防止水泥及固井杂质粘结滑套，滑套打开可靠性高。

压裂滑套分为有限级压裂滑套和无限级压裂滑套两类。

固井压裂滑套性能指标表

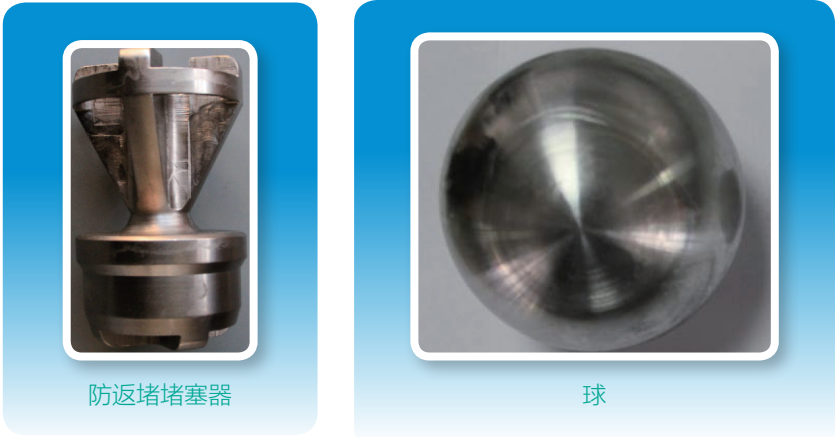
	有限级固井压裂滑套	无限级固井压裂滑套
工作温度	-10 ~ 120℃	-10 ~ 120℃
工作压力	0 ~ 70MPa	0 ~ 120MPa
适用套管	φ 152.4mm 钻头，φ 88.9mm 套管；φ 215.9mm 钻头，φ 114.3mm、φ 139.7mm 套管	φ 215.9mm 钻头，φ 88.9mm、φ 114.3mm 套管



性能指标：耐压 70MPa；可稳压 4h

3. 堵塞器

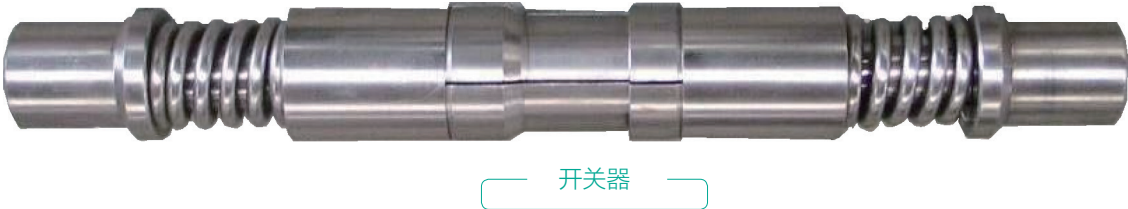
堵塞器是开启压裂滑套并封隔下层的工具，分为无限级使用的防返堵堵塞器和有限级使用的球，均采用可溶材料制成，可根据井况要求精确调整溶解时间。



4. 开关器

开关器是开关固井压裂滑套的工具，是发挥套管滑套压裂技术选择性开采优势的工具。开关器通过液压启动打捞片，与压裂滑套的打捞槽对接后上提或下推使滑套端口关闭或开启，具有强制脱手和冲砂功能，动作灵活、可靠性高。

性能指标：启动压力为 10 ~ 15MPa；开关力为 4 ~ 8T。



3

典型案例

套管滑套压裂技术已在长庆油田推广应用超过 50 口井，最大施工排量为 $10\text{m}^3/\text{min}$ ，最高分压 7 层（段），平均单井试气产量是邻井的 1.2 倍，推动了长庆油田低渗透油气藏开发方式的重大变革，成为低渗透油气田改造的重要技术。

3.1 气田直井应用套管滑套压裂技术试气取得超百万立方米无阻流量

2013 年 11 月，根据长庆油田的神木气田双 79 井的地质情况，设计压裂层数为 5 层，施工排量为 $6 \sim 8\text{m}^3/\text{min}$ ，加砂量为 116m^3 ，总液量为 1644m^3 ，利用直井机械分层压裂工具无法满足施工排量和压裂规模需求，采用套管滑套压裂技术顺利完成连续分压，最终获得试气无阻流量 $118 \times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ 。



双 79 井套管滑套压裂施工现场

3.2 油田水平井应用套管滑套压裂技术实现一天连续分压 6 段

2013 年 7 月，长庆油田在华庆区块双平 42 井采用 $\phi 139.7\text{mm}$ 有限级套管滑套压裂技术一天连续分压 6 段获得成功。该井单井施工周期较水力桥塞、水力喷射等技术缩短超过 2/3，为水平井高效体积压裂提供了新途径。



双平 42 井套管滑套压裂施工现场

4

科研装备

低渗透油气田勘探开发国家工程实验室是中国唯一的低渗透油气田国家级实验室，实验装备能力达到国内领先水平。下设地质实验研究室、开发实验研究室、增产稳产实验室和井下作业工具与装备实验室四个专业实验室，现有固定科研人员 182 人，依托中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院、油气工艺研究院和中国石油川庆钻探工程有限公司工程技术研究院的流动科研人员近千人。套管滑套压裂技术主要依托于井下作业工具与装备实验室开展室内评价试验。

井下作业工具与装备实验室主要从事油井、气井、水井井下工具性能检测、质量评价及新研发工具的中试评价等工作。可以完成常温和高温条件下井下工具承压、密封、坐封、解封等性能检测的试验及井下工具的拉压扭力加载性能试验。



井下工具实验检测系统

直井实验井：主要用于常温和高温、高压环境下井下工具和工具管串的耐压试验和密封试验。

水平井井下工具实验装置：主要用于检验工具在水平居中、水平偏心放置状态的静态、动态的承压可靠性及封隔器疲劳性能测试试验，可进行水平状态条件下井下工具动态性能检测的试验装置。

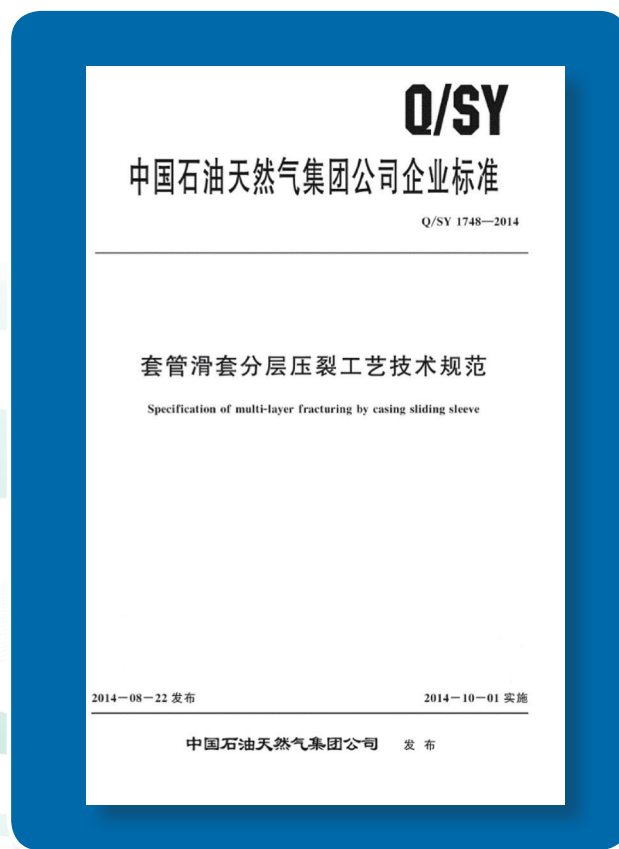


水平井井下工具实验装置

资质与标准

5.2 标准

制订企业标准 1 项：《套管滑套分层压裂工艺技术规范》。

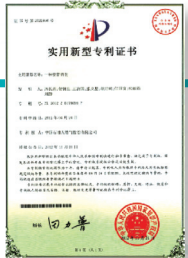
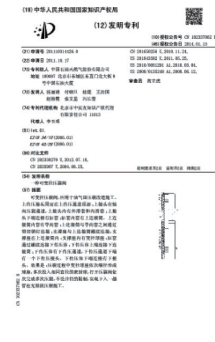
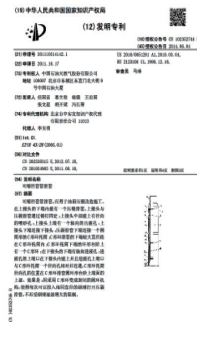


5.3 专 利

获发明专利 2 项，实用新型专利 8 项；被评为 2014 年“中国石油天然气集团公司自主创新重要产品”。

套管滑套压裂技术专利表

序号	专利代号	专利名称	专利类型
1	201110314142.1	可缩径套管滑套	发明专利
2	201110314426.0	一种可变径压裂阀	发明专利
3	201220157665.X	套管滑套完井分层改造工艺管柱	实用新型
4	201220178699.7	一种套管滑套	实用新型
5	201220486326.6	滑套	实用新型
6	201120394269.4	套管滑套完井分层压裂改造工艺管柱	实用新型
7	201220256018.4	可控压差式滑套	实用新型
8	201220380889.7	液压式压裂滑套开关工具	实用新型
9	201220499828.2	无限级数的智能固井滑套开关阀	实用新型
10	201220500302.1	无限级数的智能固井滑套分层压裂工艺管柱	实用新型



6

专家团队

**慕立俊**

教授级高级工程师。主要从事低渗透油气藏压裂酸化等增产技术研究工作，先后组织和参加了国家级、中国石油重大项目 6 项。获国家级科技成果 1 项，省部级奖励 19 项。获授权专利 40 件。出版著作 1 部，发表论文 40 余篇。

电话：029-86590699

Email：mulj_cq@petrochina.com.cn

**赵振峰**

教授级高级工程师，高级技术专家。主要从事油气田储层改造、增产工艺等方面研究工作，研究形成以“压前诊断、优化设计、中导长缝、低伤害压裂液、压后控制放喷强制裂缝闭合”为主要内容的超低渗压裂技术模式。获国家级科技成果 1 项，省部级奖励 20 余项。获授权专利 45 件。出版著作 1 部，发表论文 40 余篇。

电话：029-86590688

Email：zzf_cq@petrochina.com.cn

**李宪文**

教授级高级工程师，高级技术专家。主要从事压裂酸化为主的增产技术与试验工作，在中国率先开展研究并规模应用了水力喷射压裂、多级加砂压裂、多缝压裂等新工艺、新技术。获省部级科技成果奖 20 余项。获授权专利 60 件。出版著作 1 部，发表论文 30 余篇。

电话：029-86590698

Email：lxw_cq@petrochina.com.cn



付钢旦 高级工程师。主要从事压裂工艺、采油工艺、采气工艺及配套工具技术研究工作，组织研发气井分压合采工艺、水力喷砂压裂工艺、裸眼封隔器分段压裂工艺等多项油气井改造系列化技术。获省部级科技成果奖 18 项。获授权专利 100 余件。发表论文 30 余篇。
电话：029-86590770
Email：fgd_cq@petrochina.com.cn



桂捷 高级工程师。主要从事油气田储层改造工具、采油（气）井下作业工艺及工具的研究工作，负责组织完成气井分压合采、水力喷砂压裂、裸眼封隔器分段压裂等多层多段改造工具的研发。获授权专利 37 件。发表论文 18 篇。
电话：029-86590675
Email：gj_cq@petrochina.com.cn



马旭 高级工程师。主要从事油气田储层改造技术研究工作。组织编写《产能建设钻采工程方案》《榆林气田整体开发方案》等重大方案中的储层改造方案。获省部级科技成果奖 5 项。获授权专利 10 件。发表论文 22 篇。
电话：029-86590693
Email：mx_cq@petrochina.com.cn

7

服务与培训

建立了完善的售后服务体系，针对用户的不同需求，制订了相应的培训计划，拥有详尽的培训课件和指南手册，能够提供工具装配讲解、现场作业等培训，软硬件相结合使培训服务形象生动、直观易懂；可提供远程技术支持和诊断，专业技术人员实时跟踪服务，及时解决产品问题。



售后服务联系人

张华光 联系电话：029-86593317 Email：zhguang_cq@petrochina.com.cn

张文星 联系电话：029-86593317 Email：zwenx_cq@petrochina.com.cn



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

中国石油长庆油田分公司联系人：

张华光 先生
电 话：029-86593317
Email：zhguang_cq@petrochina.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 PetroChina Changqing Oilfield Company：

Mr. Zhang Huaguang
Tel: 029-86593317
Email: zhguang_cq@petrochina.com.cn

