



CQMPD-1 精细控压钻井系统

2014 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

CQMPD-1 深井复杂地层安全钻井的利器!





目 录

1 简介	3
2 核心装备	5
3 特色技术	8
4 典型案例	10
5 科研装备	13
6 资质标准	15
7 专家团队	17



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。

COMPD-1 精细控压钻井系统就是具有代表性的重大创新成果之一。

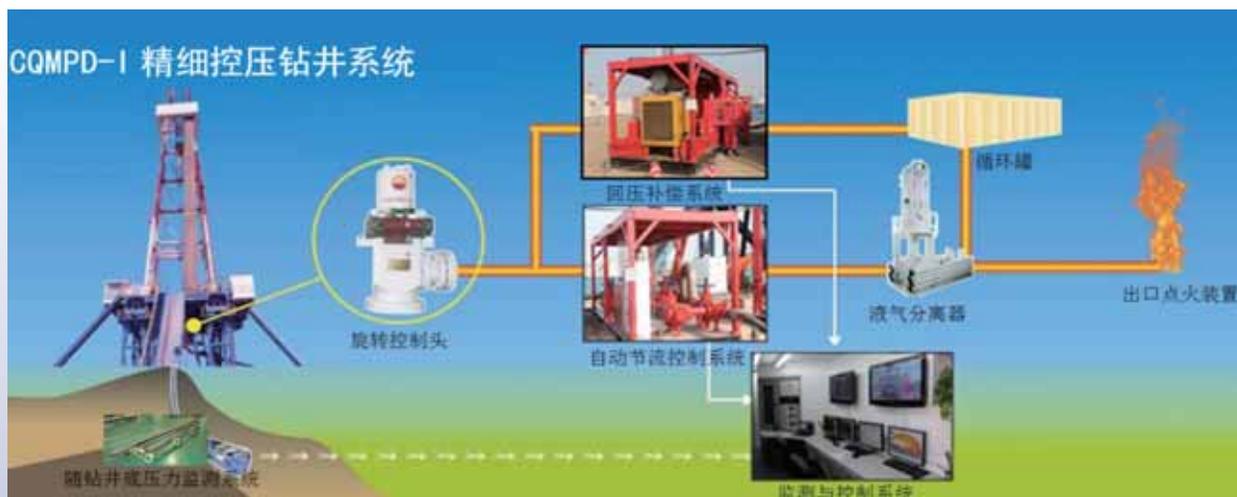
奉献能源 创造和谐

1

简介

随着油气资源的日渐衰竭，油气勘探开发面临越来越多的更深更复杂地层。而在钻探这些深层复杂地层时，常常出现井涌、井漏、有害气体泄漏、卡钻等钻井复杂问题，增加了钻井成本和作业风险。

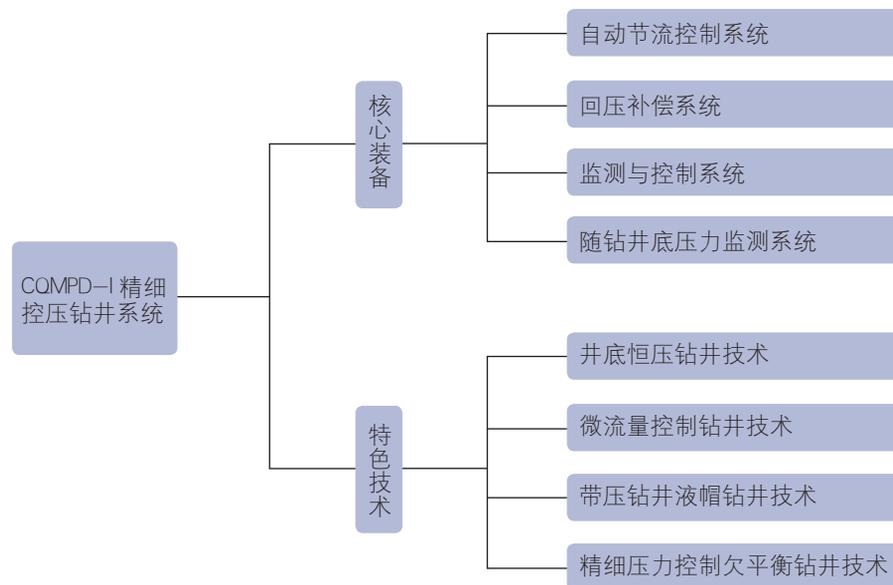
中国石油针对复杂深层油气勘探开发中遇到的技术难题，对精细控压钻井理论、工艺、装备进行了全面攻关研究，成功研发了 CQMPD-1 精细控压钻井系统及配套技术。系统集成机、电、液、信息、自动控制等技术为一体，通过对井底和地面数据实时采集、分析和处理，自动调节井口套压，实现井底压力的精细控制。集成配套了包括井底恒压钻井系统、微流量控制钻井系统、带压泥浆帽钻井系统和精细压力控制欠平衡钻井系统等 4 项特色技术。



CQMPD-1 型精细控压钻井系统作业流程

COMPD-1 精细控压钻井系统能够有效地解决窄密度安全密度窗口、多压力系统、压力敏感性地层引起的井漏井涌等井下复杂问题，减少非生产时间，缩短钻井周期，实现安全快速钻进。

先后在四川、冀东、塔里木等区块提供了优质服务，有效地解决了“溢漏同存”的复杂地层安全钻井难题，为压力深层油气勘探提供了重要的技术支撑。



COMPD-1 精细控压钻井系统技术框架图

2

核心装备

系统包含自动节流管汇 (ACS)、实时数据采集与控制系统 (MCS)、回压补偿系统 (BPCS)、随钻环空压力监测系统 (PWD) 四大核心装备。系统采用模块化及集中控制双重思路,即可整体使用,各子系统也可独立工作,实现灵活组合,即可用于精细控压钻井,也可用于欠平衡和其他钻井作业。

自动节流控制系统

- 功能：自动控制套压
- 性能指标：
 - 节流精度： $\pm 0.15\text{MPa}$
 - 额定节流压力：10.5MPa
- 特点：
 - 精确、快速、安全控制套压；电动控制节流阀；
 - 本地手动、自动和远程自动三种控制模式，可独立使用

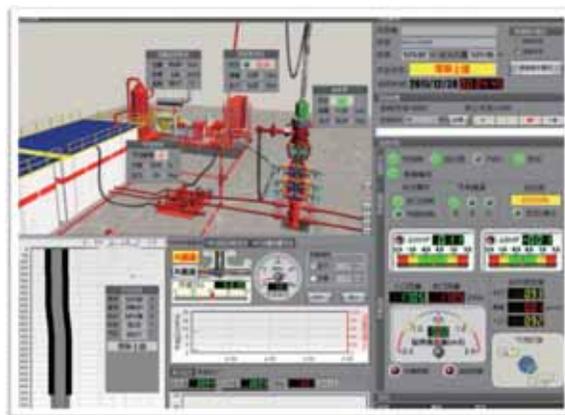


监测与控制系统

- 功能：实时监测工程与设备参数，并分析、决策、下达控制套压值指令
- 性能指标：
 - 采集数据时间间隔 1s
 - 同时采集数据 200 组参数
- 特点：本地与网络远程基地、手持终端一体化监控、决策
- 监测与控制软件系统（软件登记号：2011SR027533）



系统控制软件总界



工艺控制模块界面

回压补偿系统

- 功能：井筒内停止循环时补偿动控制套压
- 性能指标：
 - 最大排量：15L/s
 - 最大排压：10.5MPa
- 特点：
 - 柴油机动力
 - 本地手动、自动和远程自动三种控制模式，可独立使用



井下随钻压力测量系统

- 采集数据时间间隔 4 ~ 220s
- 最高耐压：140MPa
- 最高耐温：150°C
- 外径：121mm/172mm
- 传输方式：泥浆正脉冲
- 抗震性能：20g(50 ~ 800Hz)

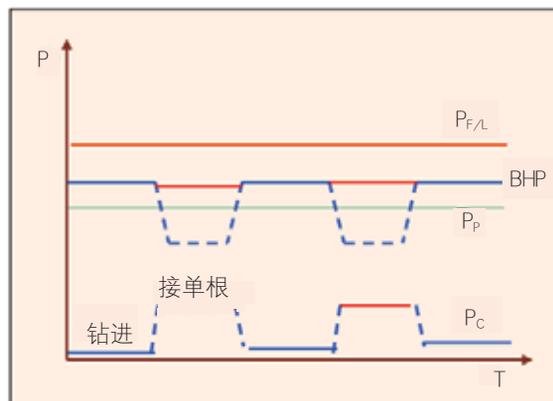
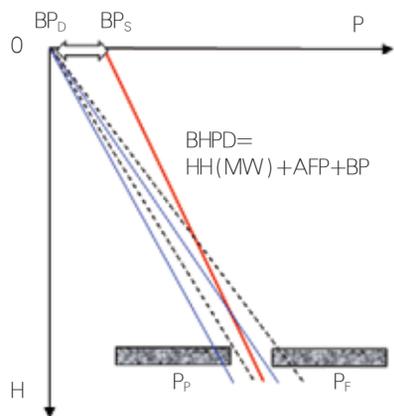


3 特色技术

配套形成了井底恒压钻井技术、微流量控制钻井技术、精细压力控制欠平衡钻井技术和带压泥浆帽钻井技术等多项特色技术。

井底恒压钻井技术

根据实时采集的井底压力值，通过闭环压力控制算法软件自动实时调节井口套压和回压补偿压力平衡井底压力。能够实时控制井底压力在预定的范围内，提供不同工况下的连续井底压力控制，让窄密度安全密度窗口井底压力控制变得更加可靠。



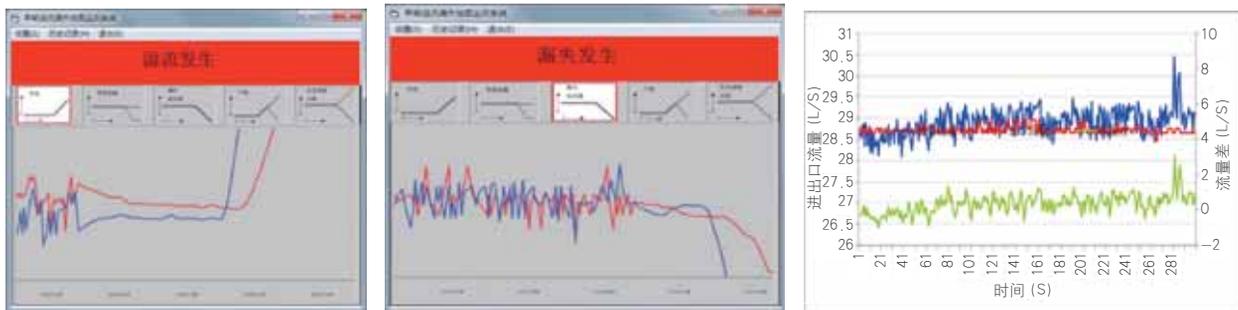
◆ 钻进井底压力控制精度：±0.25MPa；

◆ 起钻井底压力控制精度：±0.35MPa；

专利号：PCT/CN2011/001867、ZL201120357728.1

微流量控制钻井技术

通过对井口进、出口流量以及立压、套压等工程参数的实时监控，监测与控制进入或流出井筒的流体体积变化量在很小范围内，保持井底压力在安全密度窗口内，该技术能够在高温储层条件下使用，具有广泛的适应性。



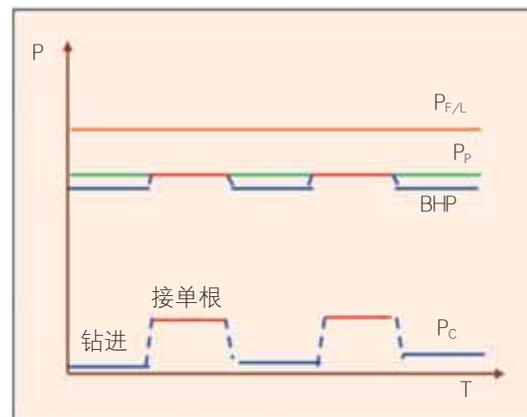
微流量控制钻井监测软件界面

- ◆ 不受地层温度的限制；
- ◆ 提前发现溢流 / 井漏；
- ◆ 溢流 / 井漏最小累计流量监测值 0.1L。

精细压力控制欠平衡钻井技术

应用精细控压钻井装备与技术理念，在欠平衡钻井过程中，实时精确地控制井口回压，确保欠平衡钻井井底压力及欠压值在设计目标值，能够及时发现和保护储层，并实现安全钻井。

- ◆ 欠平衡钻井条件下，欠压值可以控制为 0 ~ 5 MPa。



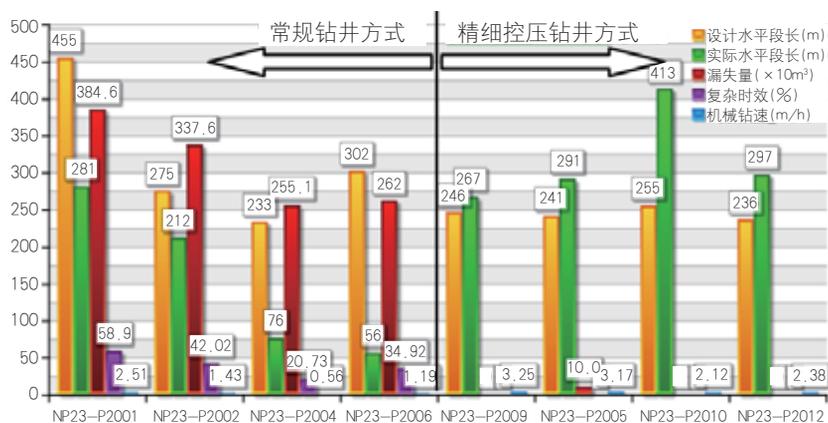
4 典型案例

CQMPD-1 精细控压钻井系统已经在冀东南堡油田和西南油气田应用了 11 口井，有效地解决了窄密度窗口地层的安全钻进的难题，有力的推进了勘探开发的步伐。

(1) 冀东油田南堡 2 号潜山构造精细控压钻井应用

冀东油田南堡 2 号构造深层潜山奥陶系储层裂缝发育、密度窗口窄，已钻井平均单井漏失量达到 3000m³，难以钻达设计地质目标，存在较大的井控风险。

在南堡 23-平 2009、南堡 23-平 2005、南堡 23-平 2010、南堡 23-平 2012、南堡 23-平 2016 等 5 口井采用 CQMPD-1 精细控压钻井系统，精细控制井底压力，实现了“零漏失”、“零复杂”钻达设计地质目标，有效解决了“溢漏同存”的钻井难题，单井平均漏失降低 3000m³，非生产时间减少 20% ~ 58%，机械转速提高 13% ~ 25%，水平段实际进尺比设计进尺延长 8% ~ 62%。



南堡 2 号构造精细控压钻井应用效果对比

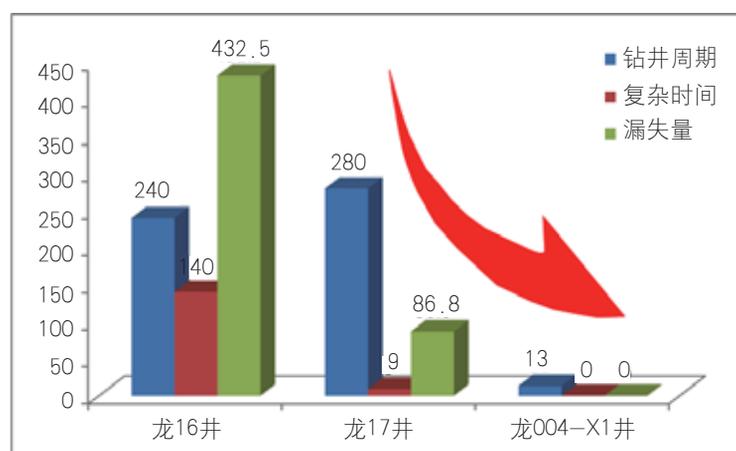


南堡 23-平 2009 作业现场

(2) 四川盆地九龙山构造精细控压钻井应用

四川盆地的九龙山构造储层为裂缝 - 孔隙性地层，常规钻井易发生喷漏同存的现象，处理复杂时间长。该构造邻井采用常规钻井钻进目的层，造成钻井液严重漏失 1800m³ 以上，单井处理井下溢、漏复杂耗费非生产时间 140h 以上。

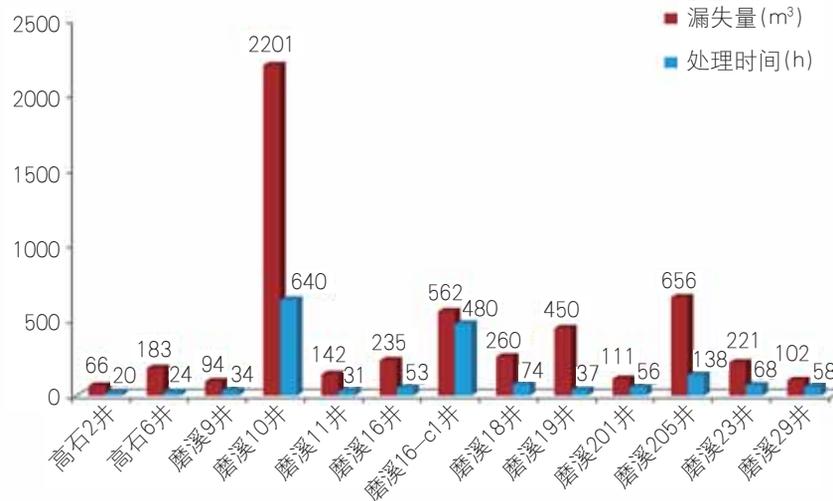
在采用 CQMPD-I 精细控压钻井系统后，目的层龙 004-X1 井在应用 CQMPD-I 精细控压钻井系统后，非生产时间比邻井降低 83%，顺利钻达设计井深。



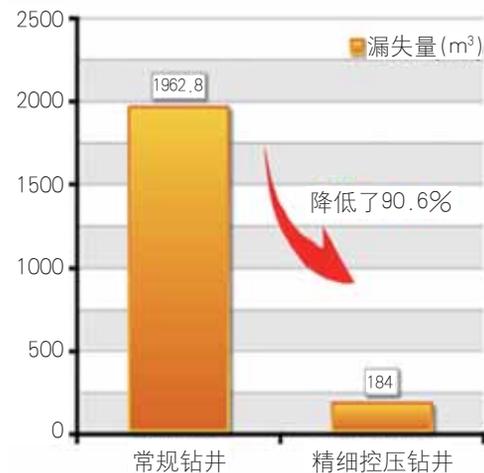
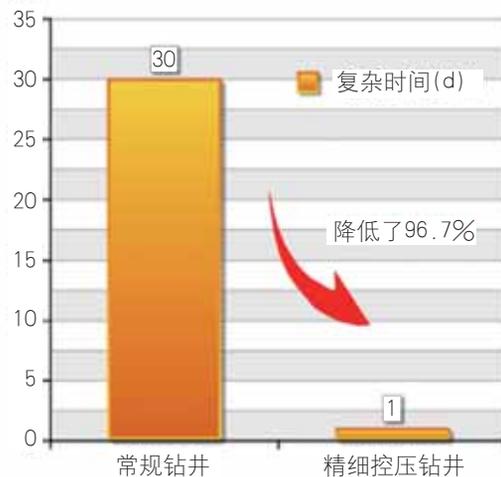
精细控压钻井技术应用效果对比图

(3) 四川盆地磨溪—高石梯构造精细控压钻井应用

磨溪—高石梯构造嘉二段—筇竹寺段地层压力系数高（1.60～2.0）、产气量高、裂缝发育，常规钻井常“喷漏同存”，处理难度大、周期长。



高石19井四开采用 $\phi 215.9\text{mm}$ 钻头、 2.15g/cm^3 钻井液自井深2865m钻至井深4013.69m时，钻遇高压裂缝层，溢、漏复杂交替发生，常规堵漏和水泥封堵等处理方式已无法钻进。后采用 2.30g/cm^3 钻井液密度在栖霞组～宝塔组段进行精细控压钻井作业，井口控压2.2～5.5MPa，控制ECD为 $2.38\sim 2.41\text{g/cm}^3$ ，有效解决了喷漏同存难题，在保持微漏情况下继续钻进216.6m，确保了施工作业安全、顺利钻达中完井深。



5 科研装备

拥有精细控压钻井试验基地，配备了装备调试专用设备、全尺寸井控模拟井，精细控压钻井3D模拟实验室，能够进行精细控压钻井3D模拟培训。此外，拥有精细控压钻井水力学计算软件，能够进行精细控压钻井作业水力学参数设计。



全尺寸井控模拟井



井口旋转控制装置试验装备



精细控压钻井 3D 模拟实验室



精细控压钻井水力学计算软件

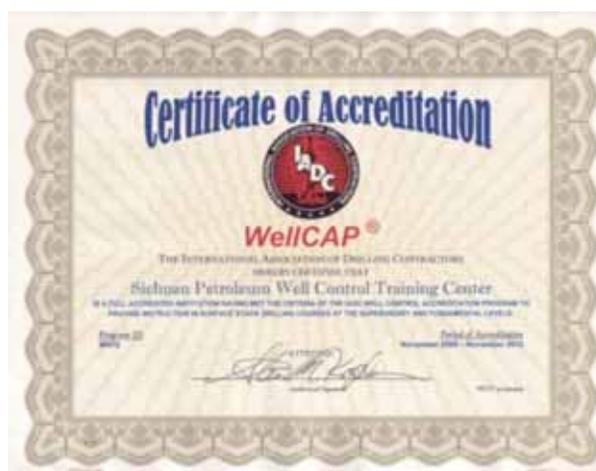
6 资质标准

企业资质

已通过 ISO9001:2000 质量管理体系认证、HSE 认证和 IADC 国际井控培训等资质认证等相关资质。



旋转控制装置的 API 资质



IADC 井控培训资质证书



钻井工程技术服务质量管理体系认证 ISO9001 证书



HSE 质量认证证书

规范及专利

规范

编制了 5 项精细控压钻井系统企业规范。

- (1) 精细控压钻井系统作业规范；
- (2) PWD 系统操作规程；
- (3) 自动节流控制系统操作规程；
- (4) 回压补偿系统操作规程；
- (5) 监测与控制系统操作规程。

专利

获得了 10 项国家专利。其中 2 项发明专利（1 项国际发明专利），8 项实用新型专利。

序号	专利名称	专利类型	专利授权号
1	井筒压力模型预测系统控制方法	发明专利	ZL201110332763.2
2	井筒压力模型预测系统控制方法	发明专利	PCT/CN2011/001867
3	闭环精细控压钻井系统	实用新型	ZL201120357728.1
4	一种油气井精细控压钻井监控系统	实用新型	ZL201120357735.1
5	一种石油钻井用电动控制节流装置	实用新型	ZL201120357729.6
6	油气井用电动控制自动节流系统	实用新型	ZL201120357734.7
7	回压补偿装置	实用新型	ZL201120357725.8
8	一种自给式局部循环系统	实用新型	ZL201120357731.3
9	一种井口压力抽吸装置	实用新型	ZL201120357732.8
10	一种 PWD 随钻压力测量设备的运输装置	实用新型	ZL201120357724.3

7

专家团队

中国石油有一支技术精湛、经验丰富的精细控压钻井专家队伍，能提供一整套的深井复杂地层安全快速钻井解决方案。



伍贤柱

教授级高工，集团公司技术专家，具有 20 多年从事钻井技术研究
与现场工作经验，擅长井控、处理复杂和精细控压钻井方面工作，
发表论文 40 余篇。

电话：028-86010866

Email：wuxz_sc@cnpc.com.cn



孙海芳

教授级高工，集团公司技术专家，长期从事定向井、欠平衡钻井、
精细控压钻井等钻井新技术研发及应用工作，发表学术论文 20 余篇。

电话：0838-5151361

Email：sunhf_sc@cnpc.com.cn



韩烈祥

教授级高工，集团公司技术专家，多年从事优快钻井、防斜打直、
欠平衡钻井、精细控压钻井等钻井新技术研发及应用工作，发表论
文 20 余篇。

电话：0838-5151302

Email：hanlx_sc@cnpc.com.cn



魏 武 教授级高工，多年从事欠平衡钻井、气体钻井、精细控压钻井方面的科研和管理工作，发表学术论文 13 篇。
电话：0838-5151378
Email: weiwu_sc@cnpc.com.cn



肖新宇 高级工程师，技术专家，多年从事欠平衡钻井、全过程欠平衡钻井、精细控压钻井的技术工作。发表学术论文 10 余篇。
电话：0838-5151210
Email: xiaoxy_sc@cnpc.com.cn



肖润德 高级工程师，技术专家，多年从事欠平衡 / 精细控压钻井装备与技术方面的科研工作，发表论文 12 篇。
电话：0838-5151246
Email: xiaord@cnpc.com.cn



杨 玻 高级工程师，技术专家，多年从事欠平衡 / 精细控压钻井装备与技术方面的科研和生产工作，发表论文 10 余篇。
电话：0838-5151965
Email: yangbo_sc@cnpc.com.cn



李枝林 高级工程师，博士（后），多年从事欠平衡 / 精细控压钻井装备与技术方面的科研和生产工作，发表论文 10 余篇。
电话：0838-5152043
Email: lizl_ccde@cnpc.com.cn



魏 强 高级工程师，博士后，多年从事欠平衡 / 精细控压钻井装备与技术方面的科研和生产工作，发表论文 10 余篇。
电话：0838-5152043
Email: weiq_ccde@cnpc.com.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



