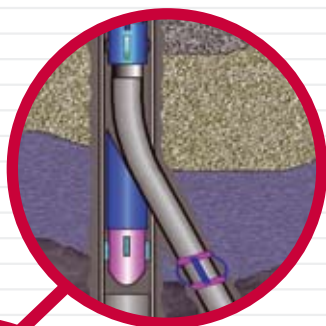




钻井技术

■ 2011 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

中国石油愿以精湛的技术和丰富的经验，
竭诚帮助客户战胜各种复杂地表和地下地质
条件给钻井带来的挑战。





目 录

简介	3
特色技术	4
典型案例	16
科研装备	20
资质与标准	22
专家团队	24



中国石油

中国石油天然气集团公司是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,下设上游 17 家、下游 33 家、销售 36 家大型企业。作为中国境内最大的原油天然气生产、供应商和最大的炼油化工产品生产、供应商,中国石油天然气集团 2010 年国内生产原油 10500 万吨,生产天然气 725 亿立方米,加工原油 1.35 亿吨,全年实现营业收入 1.72 万亿元,实现利润 172.7 亿元,实现利润在国内企业中位居榜首。

美国《财富》杂志 2010 年度全球 500 强公司排名中,中国石油天然气集团公司居第 13 位,

在全球 50 家大石油公司中位居第 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,坚持推进科技进步,实施技术创新,以全面提升技术创新能力为主线,以解决制约主营业务发展的重大瓶颈技术为重点,不断完善技术创新体系,优化科技资源配置,强化科技人才队伍建设,技术创新能力大幅度提升,技术实力显著增强,取得了一大批高水平,具有自主知识产权的创新成果。

复杂地质条件下的安全钻井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



中国石油一直致力于钻井工程技术的探索与实践，已经成为业界出色的实践者和探索者，拥有一大批钻井专业研发人才和专业化钻井队伍，拥有完善配套的油气钻井装备、工具和仪器。中国石油的钻井服务足迹已经遍布中东、中亚、南美、东南亚等 27 国家和地区。

提高钻井安全性与速度、降低钻井成本、充分利用钻井手段提高勘探开发效益是中国石油永恒追求的目标。中国石油愿将先进、适用的钻井技术和经验与世界共享，为我们的客户提供最优质的服务、创造更多的财富。



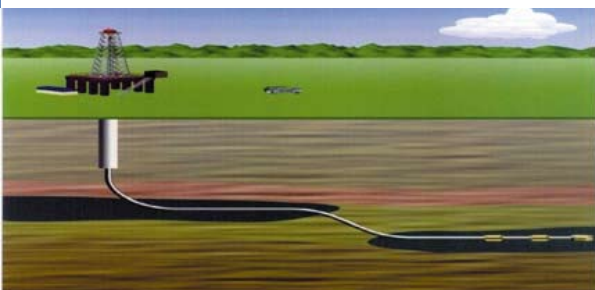
2

特色技术

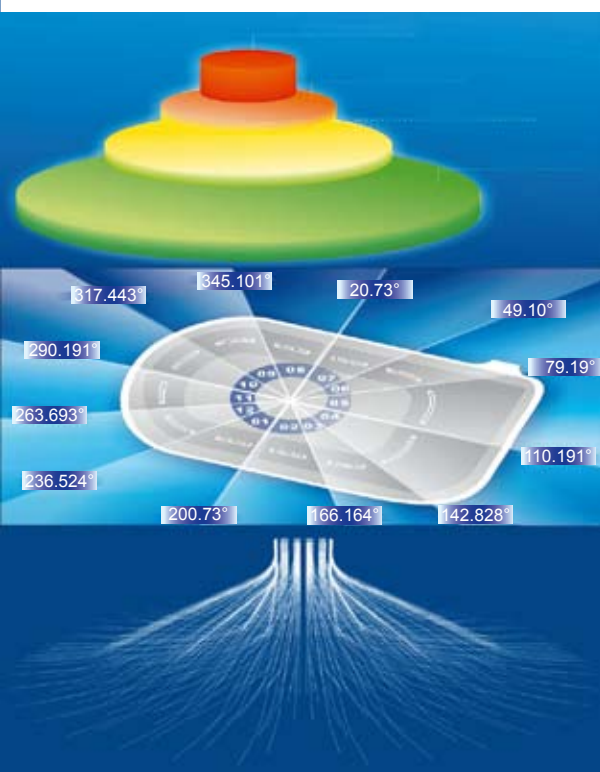
1. 深井超深井钻完井技术系列

深井通常是指井深为 4500~6000m 的井，超深井是指井深超过 6000m 的井。中国石油开发了一系列适合深井、超深井的钻井装备与工具，包括 12000m 交流变频石油钻机 ZJ120/9000DB™、承载能力为 9000kN 的顶部驱动钻井装置 DQ120BSC™、1617kW 的钻井泵及高压管汇系统、4410kW 绞车及盘式刹车和电子司钻系统等钻井工具，能够满足当前陆上复杂地质区块的钻井需求。通过高压喷射钻井、个性化钻头设计、高效防斜技术等多种技术手段，为客户提供提高钻井速度、减少钻井成本的解决方案。

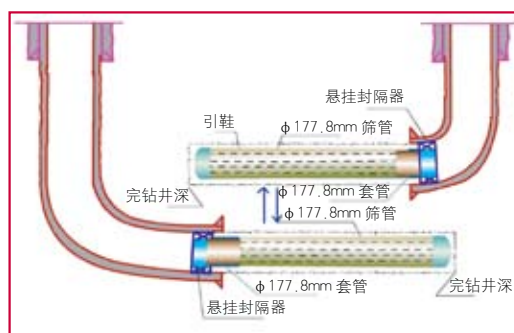
同时，中国石油还能为客户提供复杂地层压力预测、监测与检测服务，高陡构造、破碎性地层和大套盐层的井壁稳定性分析等服务，以及复杂条件下强抑制、强封堵钻井液和高效防漏钻井液等技术服务。



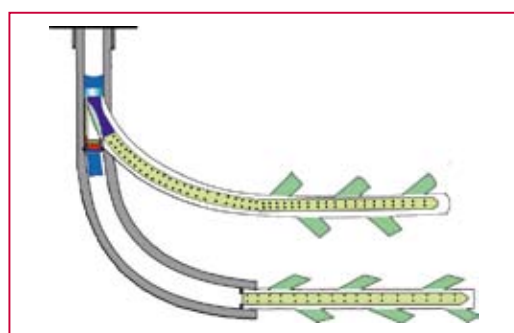
阶梯水平井



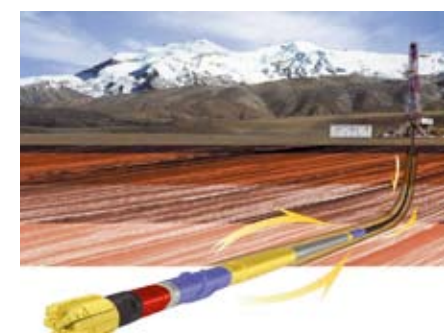
密集井口丛式井井眼轨迹防碰示意图



SAGD 成对水平井



多分支井



近钻头地质导向钻井系统

2. 定向井水平井钻完井技术系列

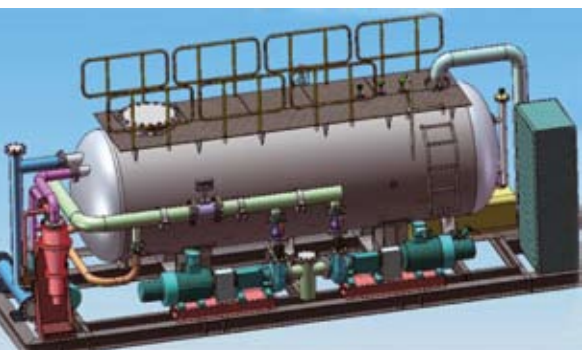
定向钻井是使井眼沿着预先设计的井斜和方位钻达设定目的层的一种钻井方法。水平井是井眼轨道达到水平以后，井眼继续延伸一定长度的定向井。中国石油研发了井眼轨道控制软件 TrajectoryControl[®]、无线随钻测量系统 CGMWD[™]、近钻头地质导向钻井系统 CGDS NB[™] 以及各种类型的螺杆钻具等测控仪器与工具，能够为客户提供多分支井、大位移水平井、老井开窗侧钻井、薄层阶梯水平井、SAGD 水平井、超浅层水平井等钻井、完井技术服务，以及密集丛式井井眼轨道防碰解决方案。



增压机现场试验照片



LK-30/2.5QZ 空气压缩机



四相分离器

3. 欠平衡钻完井技术系列

欠平衡钻井是指井底的钻井流体的循环压力低于地层孔隙压力，在钻井过程中主体产层的流体可流入井眼，并将其循环到地面，地面可有效控制的钻井技术。它可以有效地发现和保护储层，提高油气产量和采收率，以及提高钻井速度，适用于低压、水敏性、裂缝性和特殊岩性储层的勘探和开发。

中国石油拥有一支强大的欠平衡钻井队伍，运用先进的理念与技术，设计制造了全套的欠平衡设备，如旋转防喷器、空气压缩机、增压机、不压井起下钻装置等，开发了欠平衡钻井优化设计软件 Opti-Underbalance，可为客户提供液相欠平衡钻井，气体钻井（纯气体、雾化、泡沫、充气钻井），全过程欠平衡钻井等一体化欠平衡钻完井技术解决方案与服务。



旋转防喷器

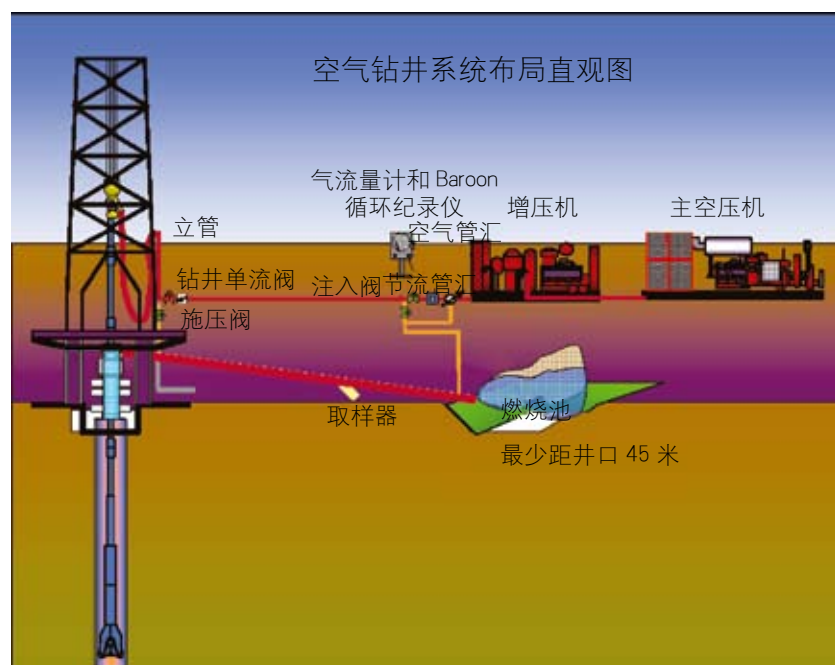
(1) 液相欠平衡钻井

液相欠平衡钻井是使用各种液相钻井液或泥浆帽达到欠平衡钻井的目的。

液相欠平衡钻井技术服务包括：

- 油包水或水包油钻井液欠平衡钻井；
- 水或卤水钻井液欠平衡钻井；
- 常规钻井液欠平衡钻井；
- 采用密度减轻剂钻井液欠平衡钻井。

(2) 气体钻井



空气钻井系统



空气锤



空气钻井



雾化钻井



泡沫钻井

(3) 全过程欠平衡钻井

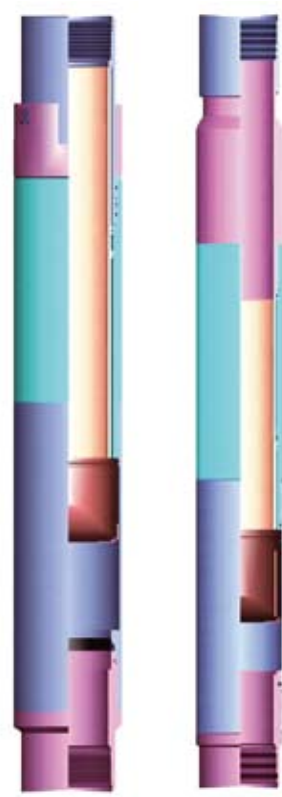
全过程欠平衡钻井是指利用特殊的欠平衡装备、工具与技术，实现钻进、起下钻、取心、测井、完井等工艺都实现欠平衡作业的技术。从钻井到完井的各个环节都实现欠平衡状态，真正实现对油气层的保护。

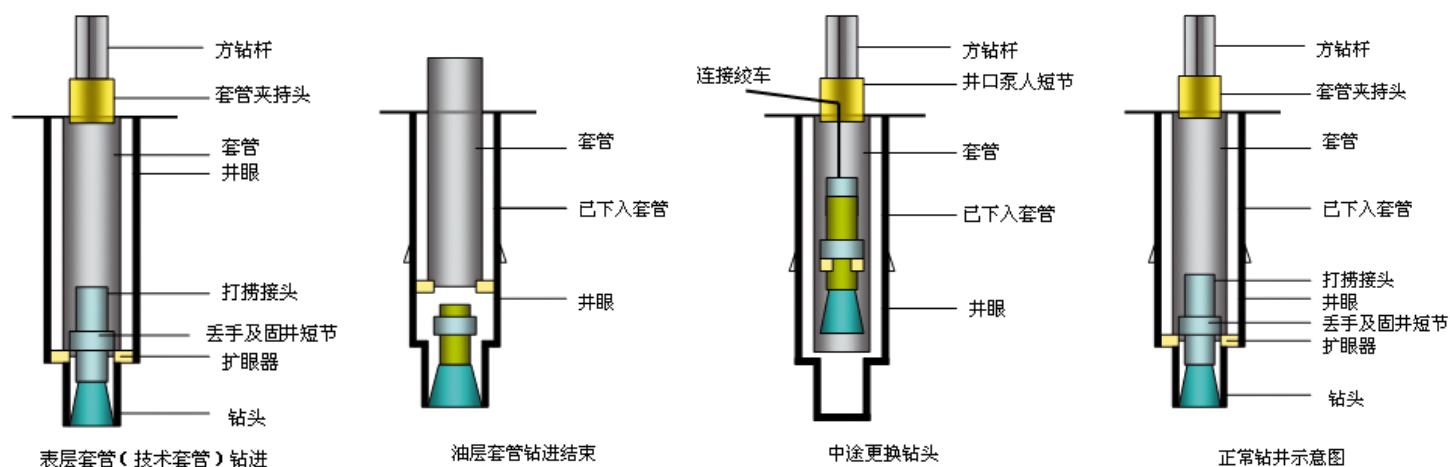


不压井起下钻装置 (60t)



非渗透式膨胀筛管





单行程表层套管钻井

多行程套管钻井

4. 套管钻井技术系列

套管钻井是指用套管柱代替钻杆柱对钻头施加扭矩和钻压，实现钻头旋转与钻进，完钻后套管柱留在井内作完井使用，主要应用于中浅井勘探开发。中国石油可以为客户提供单行程套管钻井[™]服务、可更换钻头多行程套管钻井[™]服务。



5. 钻井液及处理剂技术系列

钻井液是用来清洗井底并把岩屑携带到地面、维持钻井操作正常进行的流体，是钻井的“血液”。

(1) 特色钻井液体系

- 清洁钻头提高机械钻速的钻井液体系；
- 抗高温（240℃）钻井液体系；
- 针对盐膏层的饱和盐水钻井液体系；
- 双膜协同封堵保护储层钻井液体系；
- 护壁防塌、稳定井壁的成膜水基钻井液体系；
- 针对高压地层的高密度钻井液体系；
- 抑制泥页岩水化膨胀的胺基钻井液体系。

(2) 特色处理剂

中国石油可为客户提供 18 大类 398 种钻井液处理剂以满足钻探不同类型油气井的需要。特色处理剂有：防泥包清洁剂 RH-4、快速钻井添加剂 KSZJ、抗高温保护剂 GBH、半透膜处理剂 BTM、隔离膜处理剂 CMJ 和超低渗处理剂 JYW 等。



特色处理剂



固井服务现场

6. 固井技术系列

固井就是向井内下入一定尺寸的套管串，并在其周围注入水泥浆，把套管固定在井壁上，避免井壁坍塌。

中国石油在固井材料的研究、开发、应用以及复杂地层固井工艺等方面处于世界先进水平，研发出 80 多个品种的油井水泥外加剂，能够为客户提供各种复杂条件下的固井服务，用户遍布世界四大洲十几个国家。可为客户提供以下类型的固井服务、外加剂与固井工具。

(1) 固井服务

- 深井超深井（抗高温、高密度）固井；
- 水平井、侧钻水平井固井；
- 小井眼固井；
- 低压易漏长裸眼段固井；
- 调整井固井。



MTC 配成的浆体及养护的水泥块



高密度水泥浆浆体及水泥块



低密度高强度水泥
浆线性堆积模型

$1.50\text{g}/\text{cm}^3$ 和 $1.30\text{g}/\text{cm}^3$
低密度高强度水泥石

(2) 外加剂

● MTC (Mud to Cement) 固井外加剂；

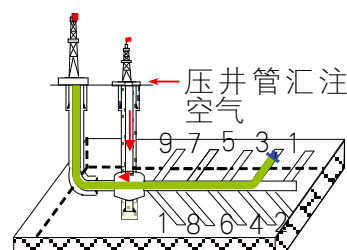
- 泡沫水泥外加剂；
- 高温深井水泥浆外加剂；
- 低密度高强度水泥浆外加剂；
- 抗盐水泥浆外加剂；
- 胶乳水泥浆外加剂。

(3) 固井工具

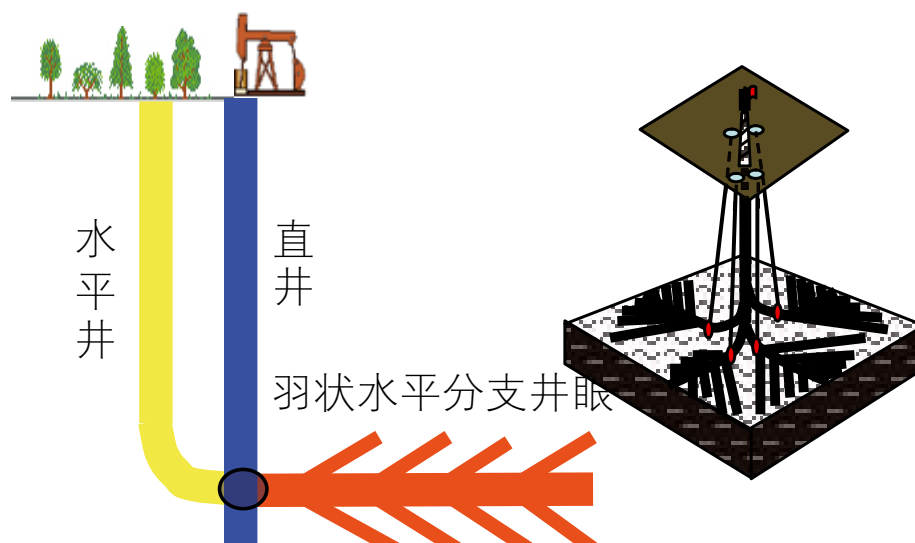
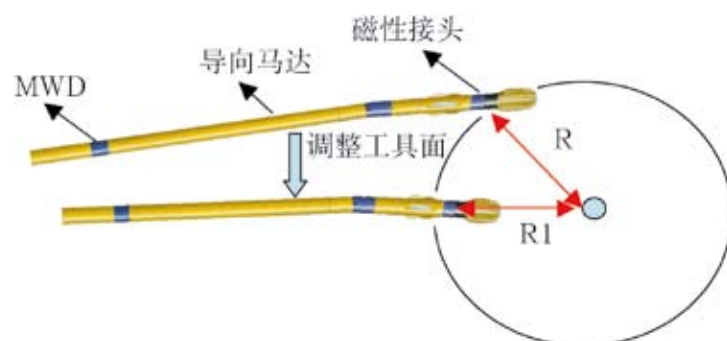
- 全通径尾管悬挂器；
- 液压自动脱开式尾管悬挂器；
- 自通径液压分级注水泥器；
- 膏盐层局部双层套管固井工具。

7. 煤层气钻完井技术系列

针对煤层气开采中存在的单井产能低、开发成本较高等问题，中国石油经过不断的探索与研究，形成了独具特色的 SMTS 旋磁导引系统TM、SSQM-1 绳索取心TM、CBM-DAS 设计软件TM等煤层气钻井工具和软件。可为客户提供低成本、高可靠性的煤层气直井钻井、煤层气多分支水平井钻井完井和煤层气井固井等一体化煤层气钻完井工程技术服务。

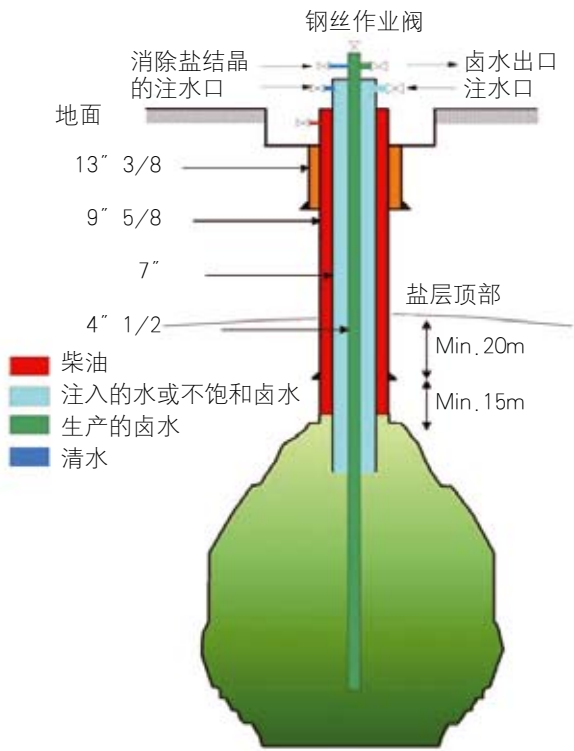


煤层气多分支水平井

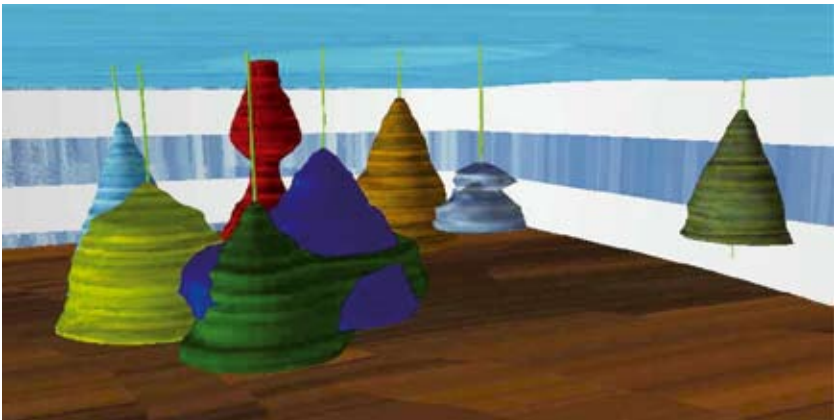


8. 地下储库建库工程技术系列

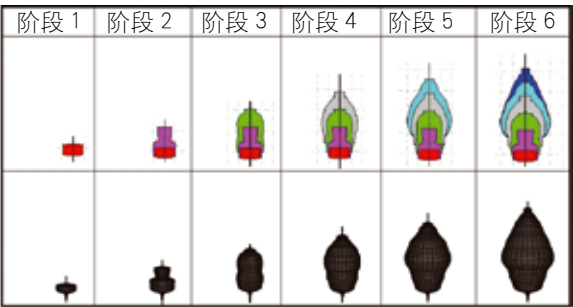
地下储库包括地下枯竭气（油）藏储气库、地下盐穴储气（油）库、地下含水层储气库等。中国石油开发了多夹层盐穴储气库建库三维模拟软件、多功能盐穴储气库快速造腔工具TM、SSID-3 多点测量油（气）



盐穴储气库造腔



水界面仪TM、储气库钻完井设计软件TM等，形成了枯竭油气藏、含水层、盐层建库技术、腔体密封试压技术、声纳检测分析技术、气库运行安全模拟分析技术等，可以为客户提供地下储库钻完井、注采、老井封堵、盐穴造腔、注气排卤、溶腔稳定性分析与评价、已有溶腔改造利用等全套的地下储库工程技术服务。



盐穴腔体形态发展示意图

中国石油集团公司专利技术

中国石油集团公司钻井板块获得专利 1445 件，其中发明专利 195 件。

典型钻井专利技术

类 型	名 称
实用新型	顶部驱动钻井系统的旋转头装置
发明	盘式刹车自动补偿间隙的制动钳
发明	磁流变体石油钻机辅助刹车装置
发明	液压膨胀式尾管悬挂器
发明	近钻头电阻率随钻测量方法及装置
发明	无线电磁短传装置
发明	接收和检测泥浆压力脉冲信号的方法及装置
发明	套管开窗用斜向器
发明	实现全过程欠平衡的钻井方法
实用新型	套管钻井专用坐底套管
发明	阳离子型钻井液
实用新型	高温高压岩心滤失仪
发明	割缝筛管加工方法
实用新型	煤层气绳索取心工具
发明	盐穴储气库腔体试压方法
实用新型	喷射式造腔工具

3

典型案例



一、莫深 1 井超深井钻井

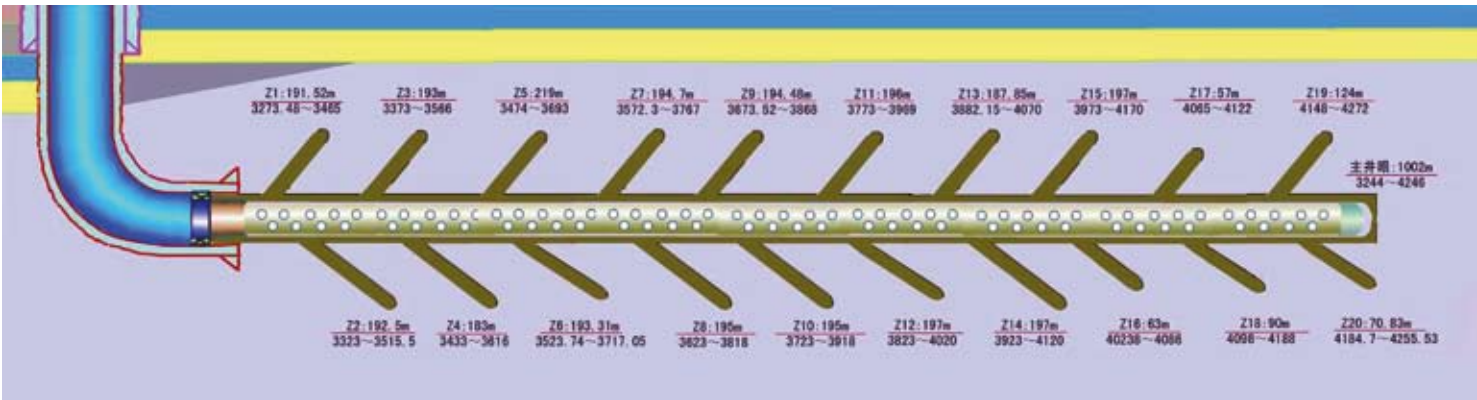
莫深 1 井位于新疆准噶尔盆地腹部莫索湾地区，高温、高压、高风险、超深，钻井难度大。完钻井深 7500m，是中国石油集团公司超深风险探井。

莫深 1 井采用了国内自主研发的第一台 9000m 交流变频超深井钻机、具有自主知识产权的国产 6750kN 顶驱、4000hp 单轴绞车、2200hp 的大功率钻井泵和自行研制的抗高温高密度水基钻井液体系。该井钻探成功显示中国石油集团在超深井钻探领域所应用的工程技术已经达到世界先进水平。

二、水平井钻井技术应用

中国石油完成复杂结构井静 52-H1Z 井，共 20 个分支。主井眼进尺 4246m，水平段主井眼长 1002m，20 个鱼刺井眼进尺 3332m，总进尺 7578m，其中，潜山钻遇进尺 4560m。潜山主井眼采用筛管完井、鱼刺裸眼完井。

在新疆油田成功实施垂深仅有 126m 的最浅水平井 hqHW001 井，从定向到准确入窗仅用 20h，研制的可循环加压装置解决了浅水平井下套管技术难题。



静 52—H1Z 分支井

三、龙岗地区气体钻井技术的应用

龙岗 1 井是中国石油 2006 年度钻探的风险探井，该井运用气体钻井技术加快了钻井速度，当年发现了龙岗气田，取得重大地质发现，加快探明该气田，并建成产能。

通过规模化采用气体钻井技术，加快了勘探、开发步伐，提高了钻井速度，四川油气田龙岗地区 2007 年完钻 11 口井，全部采用气体钻井技术，平均钻井周期 187.1d，同比常规钻井方式减少 323d。气体钻井技术应用，还在该地区上部侏罗系地层发现了一个大型油气田。

四、套管钻井技术在吉林油田的应用

东 26—23.21 井位于吉林油田扶余Ⅲ号构造，该井设计井深 452m，实施套管钻井所用的是 5 1/2 普通套管。

2008 年 6 月 26 日，东 26—23.21 井采用了中国石油自主研发的油层套管钻井技术，达到了缩短建井周期、降低钻井成本的目的（可节省钻井成本 10% ~ 15%），在产层保护方面取得了可喜的成果。

五、抗高温钻井液在长深 5 井的应用

长深 5 井是松辽盆地南部的一口风险探井，是吉林油田目前最深的一口井，设计井深 5400m，井底地层温度为 220° C。长深 5 井深部井段钻井液存在的主要技术难题有：1 该区地温梯度高，钻井液高温热稳定性、特别是长时间高温热稳定性是本井最主要难题；2 裸眼段长，地层复杂，井壁稳定、井控压井与防漏堵漏矛盾突出。

吉林油田公司采用抗高温水基钻井液技术，在长深 5 井深部井段进行钻井。现场应用结果表明，抗高温水基钻井液成功解决了以上难题，取得了令人满意的效果。

六、长裸眼低密度封固段固井技术在长深 5 井的应用

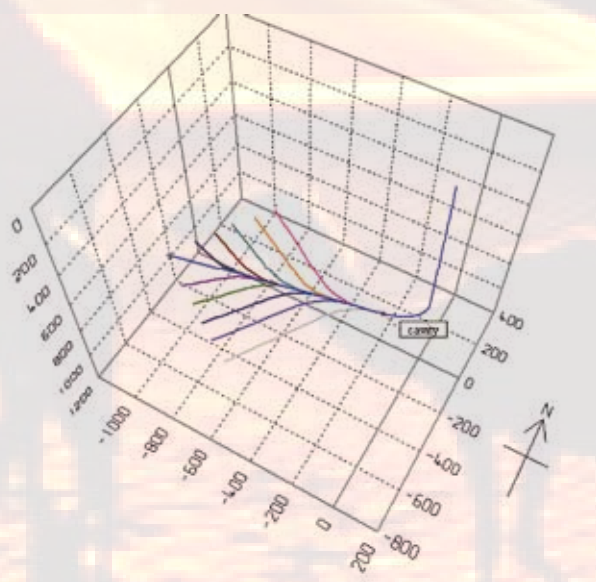
长裸眼低密度封固段固井中存在水泥稠化时间不易控制、中途易稠化、稠化时间长、水泥浆密度低水泥石强度不够，水泥段长、地层易漏失污染、顶替压力高、失水量大易桥堵、顶替效率低、固井质量差等难题。

长深 5 井油层套管下深 5320m，要求水泥浆返出井口。油层套管裸眼段长达 1950m，一级注封固段长 2470m，二级注封固段长 2850m，两级注水泥封固段上下温差较大（分别为 77° C 和 88° C）。在一级水泥中应用了胶乳水泥浆，上部为密度 1.40~1.45g/cm³ 的胶乳高强度低密度水泥浆，下部为密度 1.83~1.88g/cm³ 的胶乳水泥浆。优质封隔井段达到 97.68%，全井段封固合格。

七、武 M1-1 井煤层气钻井技术的应用

武 M1-1 井是一个井组，部署在宁武盆地南斜坡带上，由一口多分支水平井和一口采气的直井组成。

武 M1-1 井实钻 1 个主水平井眼和 10 个分支水平井眼，水平井总进尺 7993m，煤层中穿越 5939m，煤层钻遇率 95%，钻井周期 49.58d，平均机械钻速 10.56m/h；该井主水平井深、垂直井深和煤层钻遇率均达到国内领先水平。



武 M1-1 井轨迹

八、地下储库建库工程技术在大港地区的应用

大港地下储气库是我国第一座天然气地下储气库，是陕京输气管线工程的重要配套工程。金坛盐穴地下储气库是我国第一座天然气地下盐穴储气库，是“西气东输”管线的重要配套工程。

截至 2008 年年底在大港地区已完成大张坨、板 876、板中北高点、板中南高点、板 808 和板 828 六座枯竭气藏储气库群的建设，初步建成库容量已达到数十亿立方米。在金坛完成 6 口已有盐穴溶腔的改造和利用，并且完成了首轮气库调峰。另外完成 15 口新腔的钻井工作，建成的最大腔体体积已达 $11 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

4

科研装备

中国石油拥有多功能试验机、SEM 疲劳试验机、岩石三轴试验仪、高温高压稠化仪、液相色谱仪、拉伸试验机等各类大型钻井科研实验仪器设备 300 余台套，新度系数达到 0.8，具备较强的科研实验能力。

钻井专业化研究机构包括 1 个集团公司直属钻井研究院、12 个地区级钻井研究院、1 个直属管材研究所、1 个油气钻井技术国家工程实验室。

油气钻井技术国家工程实验室是中国石油旗下的国家级工程实验室，包括十个专业实验室，三个试验平台，一个产品试验制造中心、一个石油钻井相关产品产业化试验制造与检测中心。

■ 十个专业实验室

- (1) 井下测量控制实验室
- (2) 钻井液与储层保护实验室
- (3) 控压钻井实验室
- (4) 岩石力学与井壁稳定实验室
- (5) 破岩及高压水射流实验室
- (6) 钻井完井工艺实验室
- (7) 钻井机械装备实验室
- (8) 欠平衡 / 气体钻井实验室
- (9) 固井实验室
- (10) 海洋钻井实验室



SEM 疲劳试验机



扭转试验机



多功能试验机



卧式拉伸试验机

■ 三个试验平台

- (1) 钻井全过程模拟试验平台
- (2) 复杂深井钻完井试验平台
- (3) 钻井装备与工具试验平台

■ 一个产品产业化试制与检测中心

■ 以中石油钻井研究院下属的北京石油机械厂为主整合中国石油集团公司相关力量, 在现有装备制造、化学处理剂生产能力基础上, 组建完成石油钻井相关产品产业化试验制造与检测中心。



液相色谱仪



岩石三轴实验机



稠化仪

5

资质与标准





6

专家团队



孙 宁 钻井工程专家。先后参加或主持了优选参数钻井、定向井、丛式井钻井技术、水平井钻井技术、侧钻水平井钻井技术、深井超深井钻井技术、气体钻井技术、顶部驱动钻井装置等重大项目。



苏义脑 钻井工程专家，中国工程院院士。长期从事钻井工程技术研究与应用，在钻井力学、轨道控制和井下工具研究中多项创新成果居国际先进水平，形成体系用于生产，效益显著；提出“井下控制工程学”新领域并主持地质导向等前沿技术攻关。获国家专利 23 项，出版专著 7 部，发表论文 200 余篇。



邹来方 高级钻井技术专家。2007 年获休斯敦大学全球能源管理 EMBA 研究生学位。曾赴美国 WILLANMUS 公司做访问学者，进行欠平衡技术研究。长期从事钻井技术研究工作，主要研究方向是油气井钻完井理论与技术。



许树谦 高级钻井技术专家，擅长油井固井水泥及配套外加剂的研究与应用、固井完井工艺技术、定向井水平井钻井工艺技术和欠平衡钻井工艺技术。曾多次主持完成 100 万吨级新油田钻井工程方案。



邹 野 高级钻井技术专家。20 多年来从事钻井生产技术、科研攻关和引进新技术推广应用工作，曾承担多项科研和新技术推广课题。



伍贤柱 高级钻井技术专家，先后主持气体钻井、欠平衡钻井等多项技术攻关和推广应用，并组织指挥了渡 1 井、新 851 井、罗家 16H 井、土库曼斯坦奥斯曼 3 井等多口高难度井的井喷失控抢险工作，最大限度地减少了损失。



运志森 高级钻井技术专家。长期从事定向井、水平井的研究与应用。发表学术论文十余篇。



联系人：刁顺 先生
电 话：59986059
Email: sdiao@cnpc.com.cn

Contact: Mr. Diao Shun
Tel: 59986059a
Email: sdiao@cnpc.com.cn

