



天然气勘探开发技术

2011 年



中国石油天然气集团公司 科技管理部

中国石油——复杂天然气勘探开发领航者！





目 录

简介	3
特色技术	4
典型案例	22
科研装备	27
资质与标准	30
专家团队	32



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 1727 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 10，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。

天然气勘探开发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中国陆上和近海的天然气勘探开发。经过 50 多年的科技创新和技术积累，在天然气勘探、钻完井工程、气藏工程、采气工程和地面工程等五大专业领域，形成了 25 项特色技术系列。成功开发异常高压气藏、高含硫气藏、有水气藏、特低渗透气藏、碳酸盐岩气藏、疏松砂岩气藏和火山岩气藏等复杂天然气气藏。

中国石油的天然气勘探开发技术已广泛应用于国内外天然气勘探开发市场，并为包括壳牌、道达尔、德士古在内的众多国际知名石油公司和中亚、南亚等国的石油公司提供服务。

2

特色技术

一、天然气勘探

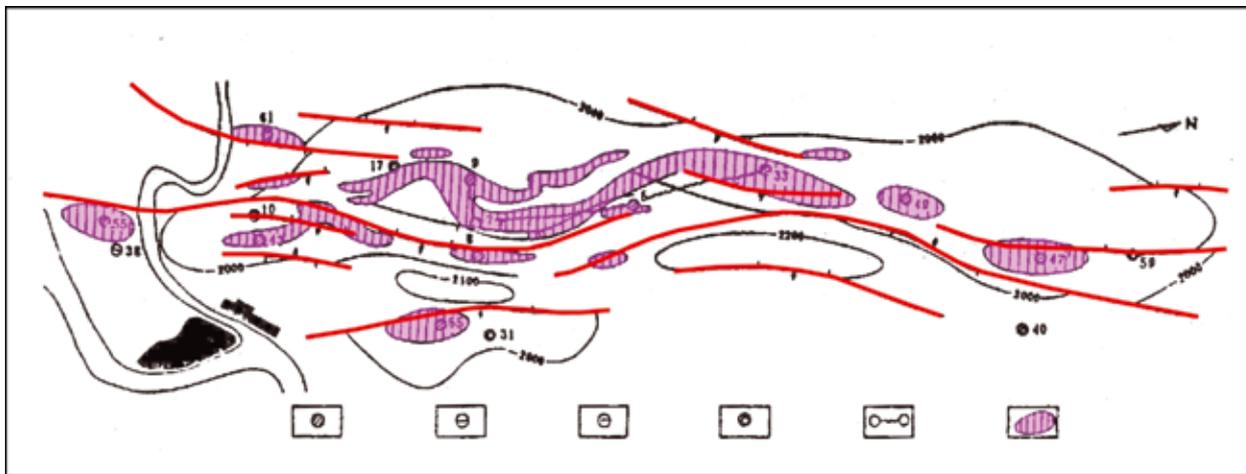
天然气勘探技术集多学科理论、多种技术手段与方法，对地质体反馈出来的地质、地震、测井、钻井等信息进行综合性评价，指导勘探以发现天然气藏。中国石油拥有独具特色的天然气地质理论、勘探技术，精良的软硬件设备，可以提供完整的气田勘探技术服务和解决方案，尤其是气藏地质综合评价、复杂地区地震勘探和测井综合评价优势突出。

1. 气藏地质综合评价技术系列

气藏地质综合评价是对已发现气藏，开展生油、储层、运移、聚集、保存条件等方面的分析评价，包括圈闭识别与评价、储层评价、气藏流体评价等技术。

(1) 复杂地质条件下圈闭识别与评价技术

复杂地质条件包括地貌高差悬殊，地震反射信息接收、成像不好，地下构造复杂，断层、裂缝发育，储层非均质性强，圈闭类型多样化等方面。对于这种复杂地质条件下的圈闭，除了常用



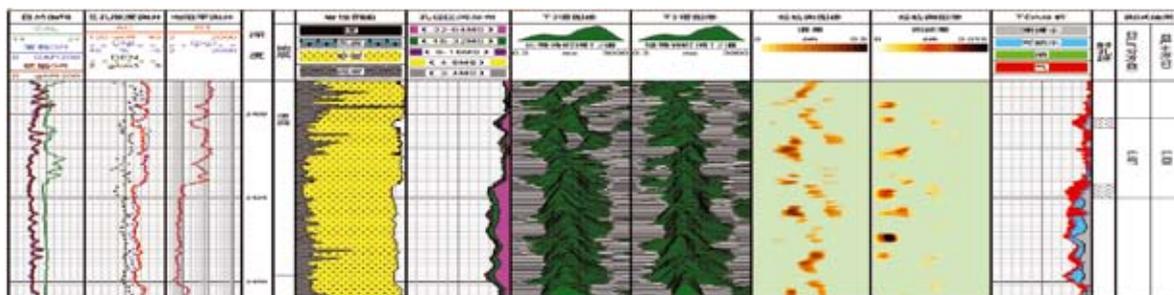
阳高寺气田阳新统缝洞系统分布示意图

的圈闭识别与评价技术外，中国石油针对这些极高难度的圈闭类型形成独具特色的技术方法，发现了一大批气田。

(2) 储层评价技术

储层评价是依据先进的试验分析技术、岩矿鉴定技术，并结合地球物理技术和测井评价技术，对储集层的孔洞缝特征、物性特征、纵向向展布特征及主要控制因素等做出半定量或定量评价。

(3) 气藏流体评价技术



气藏流体评价技术解释须家河剖面图

气藏流体评价是指运用测井、测试等技术手段对气藏的流体性质、气水关系、流体分布状况等开展评价。中国石油拥有低孔低渗砂岩储层和复杂碳酸盐岩储层的流体性质判别及流体分布预测等技术，为气藏开发提供重要依据。

2. 复杂山地地震勘探技术系列

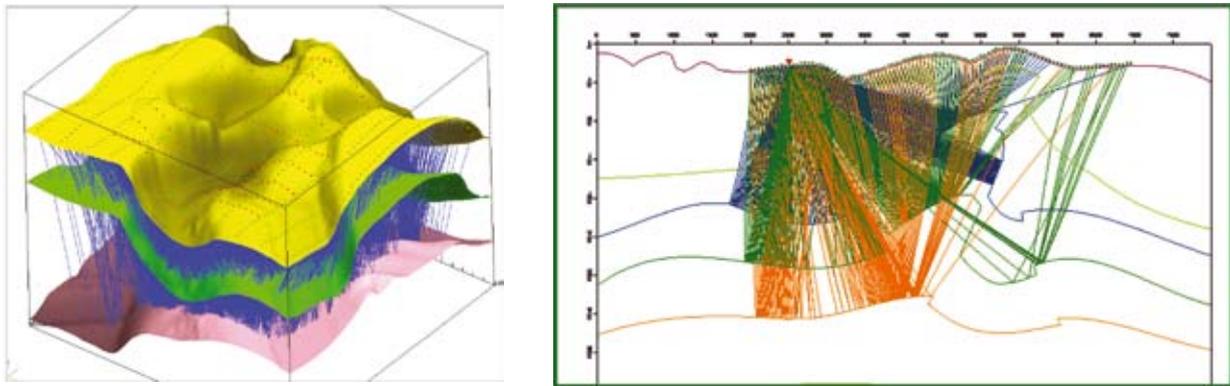
(1) 复杂地区地震采集技术



复杂地区地震采集现场图

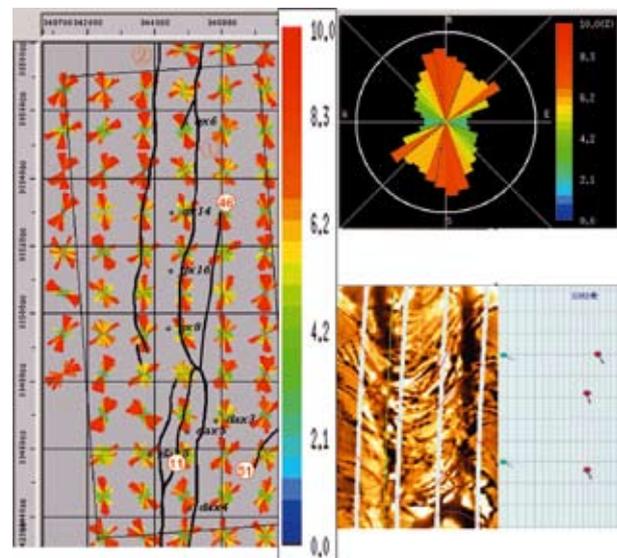
复杂地区地震采集技术是指在地表条件、地下地质条件复杂的地区使用地震勘探设计软件、小型钻井设备和人工地震波激发和接收，获取地震反射波信息。中国石油拥有针对复杂地区地震勘探的采集、处理、解释技术及其专业软件，先进的 408XL 采集设备，可以提供完整的复杂地区地震勘探服务。

(2) 高陡复杂构造成像技术



高陡复杂构造成像解释剖面图

高陡复杂构造成像技术是依靠先进的计算机硬件和资料处理软件，采用配套的静校正、速度分析、偏移成像等方法，对山地复杂地表和地下高陡复杂构造的地震波场准确归位的资料处理技术。中国石油拥有自主知识产权的处理软件及国外的 Omega、Geocluster 等先进的主流处理软件，有先进的并行处理计算机集群，能够提供完整的高陡复杂构造成像解决方案。



裂缝方位玫瑰统计图

(3) 复杂储层预测与油气藏描述技术

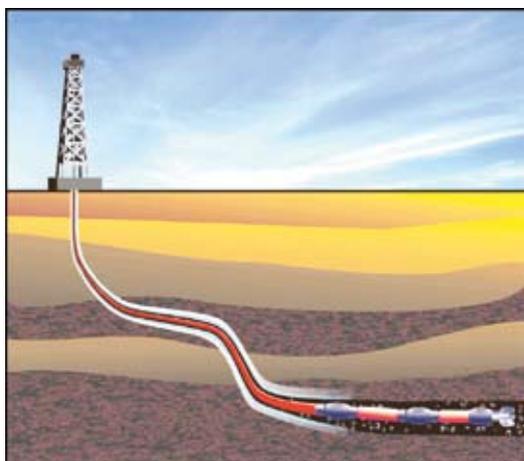
复杂储层预测与油气藏描述技术是通过地质、地震、测井的有机结合，运用地震解释及特殊处理软件，结合三维可视化等手段对地震波进行分析，实现复杂油气藏储层预测、流体识别、裂缝检测等目的。中国石油拥有国际先进的 Landmark、Jason 等专业软件，可以提供完整的复杂储层预测与油气藏描述技术服务。

(4) 多分量地震勘探技术

多分量地震勘探技术是指采用纵波或横波震源激发，多分量检波器接收，综合利用纵波、横波和转换波等多种地震波信息，以改善构造和储层成像，识别岩性和流体，检测储层裂缝以及直接预测油气等。中国石油拥有自主知识产权的多波处理、解释技术及软件，以及国际先进的 DSU3、VectorSeis 三分量数字检波器和 VectorVista、Promc 处理解释软件，可以提供完整的多分量地震勘探服务。

(5) 井震联合勘探技术

井震联合勘探技术是指地面地震与井中地震联合采集、处理、解释的一种地震勘探技术。中国石油拥有系统的井震联合勘探技术，硬件方面拥有英国 AVALON 公司的全数字井下 VSP 采集设备，处理软件方面拥有 Univers、Promax 等 VSP 处理系统，可以提供完整的井震联合勘探采集、处理、解释技术服务。



水平井测井采集图



吉瑞测井解释处理系统页面

3. 测井综合评价技术系列

测井综合评价是利用测井资料综合分析储层、井周构造等。中国石油在长期的勘探实践中，形成了以“三高（高压、高温、高含硫）”气井、水平井、超深井、欠平衡钻井等测井采集处理技术，尤其在非均质性碳酸盐岩、低孔低渗碎屑岩、高陡构造测井精细描述等方面形成了高可信度的综合评价技术系列。

二、钻（完）井

中国石油拥有钻井（完井）工程设计技术、井控技术、钻井（完井）液及防漏治漏综合技术、欠平衡钻井完井技术、气体钻井技术、定向井水平井钻井技术、钻井取心技术、油气井测试技术、抢险应急救援技术、固井技术等特色技术系列。



深井深超井钻井设计与解释系统

1. 深井超深井钻井完井技术系列

针对高陡构造、复杂岩性、异常高压等复杂地质条件下5000m以上深井的安全、快速钻井完井技术难题，形成了一套深井超深井钻井完井技术。中国石油可以提供完整的深井超深井钻井完井工程解决方案、单井设计和作业技术服务。



10.5MPa 旋转控制头



不压井起下钻装置



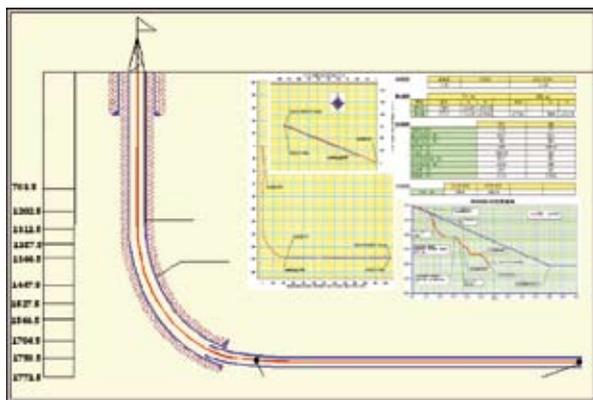
真空除气器

2. 全过程欠平衡钻井技术系列

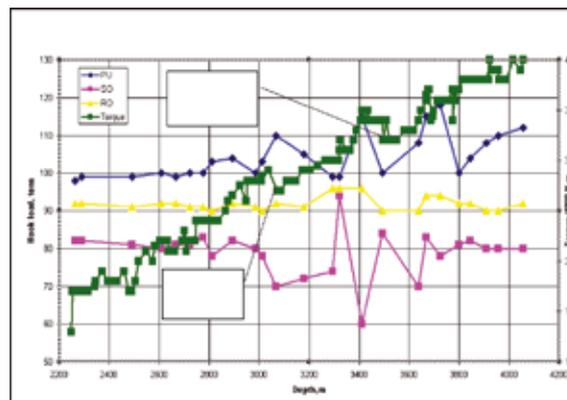
全过程欠平衡钻井技术是指通过优选钻井介质，优化钻井参数，合理控制井口压力，使整个钻完井过程中井底压力均低于所钻地层的孔隙压力，有利于及时发现和有效保护油气层、提高机械钻速，是开发低压低渗气藏、衰竭气藏的理想方式。中国石油配套了包括新型旋转控制系统在内的欠平衡钻井装备，拥有 Signa, DrillBench 等先进的欠平衡钻井水力学分析软件，能够提供欠平衡钻井设计与完整的欠平衡钻井、测井、完井服务。

3. 气体钻井技术系列

气体钻井技术是指采用气体或气液两相流体作为钻井循环介质，避免钻井液污染油气层，以发现和保护油气层、大幅度提高钻井速度，以及治理恶性井漏的钻井技术。根据不同地层和井下情况，中国石油已形成了气体钻井地层适应性评价技术、井下燃爆监测和控制技术、气体钻井防斜打快技术和多种介质（包括干气、雾化、泡沫、充气）气体钻井技术系列，为提高低渗气藏开发效益、提高机械钻速提供了有效手段。



水平井实钻剖面图



定向井钻井设计方案附图之一

4. 定向井、水平井钻井技术系列

定向钻井技术是指利用特殊钻具组合和轨迹测量工具，沿设计轨迹准确钻入地质靶体并根据地质和工程设计，在靶体内穿行一定距离的钻井技术。中国石油拥有高温深井定向井井眼轨迹随钻测量技术、穿易漏、易垮地层的水平井井眼轨迹控制技术、碳酸盐岩储层地质导向钻井技术、欠平衡或气体钻水平井钻井技术。

5. 钻井取心技术系列



固井作业现场



形成了欠平衡 / 气体取心、深井密闭取心、疏松地层保形取心等独具特色的系列取心工艺技术，在海外 20 多个国家的油田成功应用，赢得国外众多石油公司的赞誉。

6. 固井技术系列

针对不同地质条件和工况，中国石油已形成相应的固井工艺技术系列，尤其在复杂地质条件，以及高温、高压、高含硫气井的固井方面，具有技术优势和较高的技术服务能力。



1991 年，科威特有井抢险灭火现场

7. 井控与油气井抢险灭火技术系列

针对各种复杂地质条件下钻完井安全难题，形成了配套的井控工艺技术，建立起井控装备安全质量检测体系，制定了井控技术行业标准。在油气井抢险灭火应急救援方面，拥有一系列先进的油气井抢险灭火装备工具 and 专业化抢险灭火队伍，形成了在各种复杂情况下处理油气井井喷失控、着火事故的系列工艺技术，先后在国内多个油气田，以及科威特、土库曼斯坦、巴基斯坦、印尼等国家数十口油气井成功处理井喷失控、着火事故。

8. 油气井测试技术系列

针对高温高压高含硫天然气井测试难题，拥有 APR 全通径抗硫井下测试工具、10MPa 抗硫卧式三相 / 两相分离器等先进的油气井测试装备。含硫油气井地面计量与安全监测防护、高温高压含硫深井 DST 测试和大产量高含硫气井永久式封隔器完井等技术，为高温、高压、高含硫气田的

长时期安全开发提供了重要基础。

9. 钻井液及堵漏技术系列

中国石油拥有深井钻井液、高密度钻井液、保护储层钻井液、MEG 钻井液、油基钻井液及钻屑处理、有机盐无固相完井液、综合防漏治漏等系列技术。在解决地层严重造浆、破碎性地层垮塌、钻井液抗各类污染（膏盐、硫化氢、二氧化碳等污染）、高温高密度钻井液流变性控制、低渗储层保护以及恶性井漏处理等方面技术特色突出。

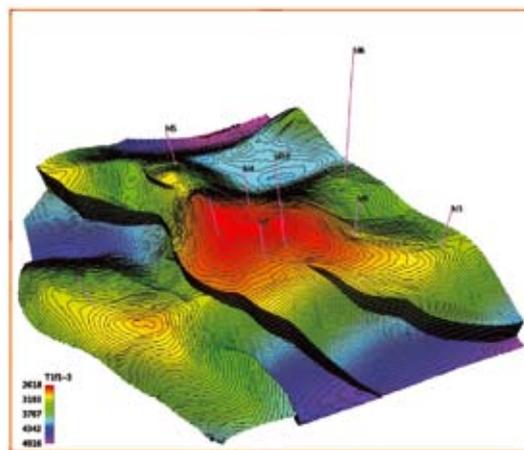
三、气藏工程

气藏工程的核心内容是通过地质建模、试井和数值模拟等技术手段，掌握气井、气藏的开采动态，分析气藏动态变化机理，加深对气井、气藏的开采特征和规律的认识。在此基础上制定气藏优化开发对策，对气田开发全过程实施跟踪分析、模拟和优化控制，实现气藏的科学开发。

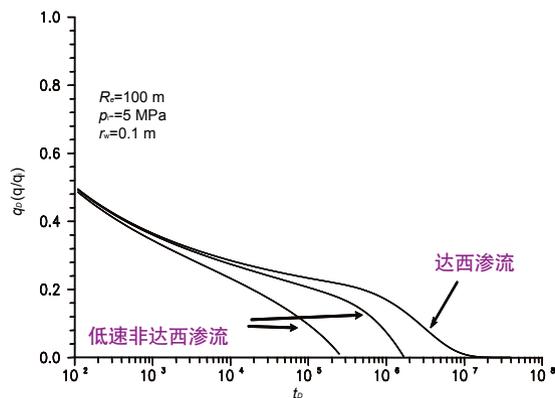
中国石油建立了复杂气藏精细气藏描述、裂缝水窜动态预报、低速非达西渗流分析、气藏开发数值化跟踪分析、不同类型气藏数值模拟与开发方案编制优化等特色技术方法，能提供高质量的气藏工程解决方案。

1. 精细气藏描述技术系列

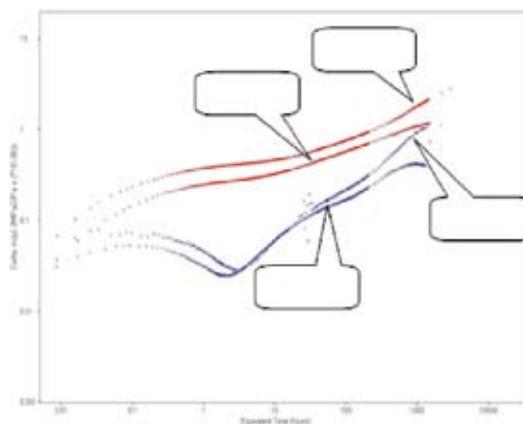
精细气藏描述是以地质研究为基础、多学科一体化精细气藏描述是以地质研究为基础、多学科一体化的综合性研究工作，是气藏开发生产管理和研究的基础。中国石油成功研发了由精细地层和储层对比、开发地震精细处理解释、裂缝表征、精细气藏地质建模等静态分析技术及试井分析、数值模拟等动态描述技术组成的精细气藏描述特色技术，拥有国外 Petrel、RMS 等地质建模软件，能提供完整的



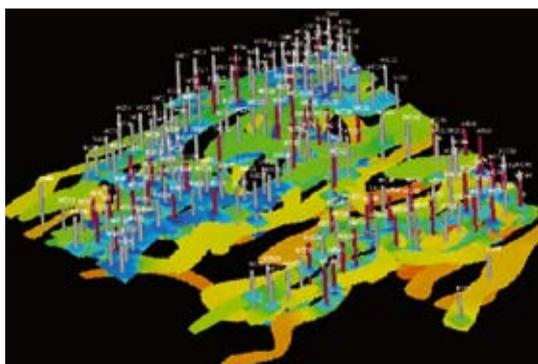
精细气藏地质建模构造模型



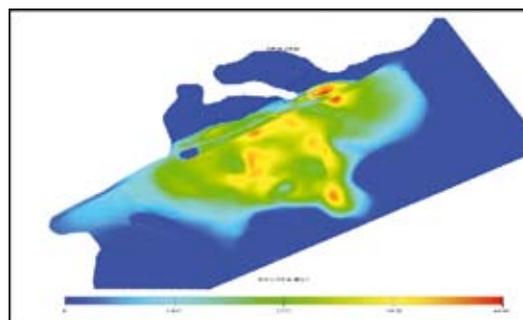
特低渗气藏气井产量自然递减规律分析图



裂缝水窜方向诊断



特低渗气藏有效砂体分布描述及井网优化



裂缝-孔隙双重介质气藏基质储量分布描述

精细气藏描述技术服务和解决方案，提高构造、储层和剩余储量描述的精度。

2. 特殊气藏工程技术系列

特殊气藏是指有水、高含硫、特低渗透、含凝析油、强非均质、多层组等复杂气藏。中国石油在特殊气井试井分析、气藏开发数值化跟踪分析、不同类型气藏数值模拟与开发方案编制优化等方面形成了特色技术，拥有国外先进的 PanSystem、PanMesh、Saphir、Welltest、MatBal、Topaze、WellFlo、F.A.S.T、ReO、Eclipse、Vip、SimBestll 等解析试井、数值试井、动态分析、数值模拟软件，能提供高质量的特殊气藏试井分析、产能评价、动态分析、开发方案优化等气藏工程解决方案。



相对渗透率与电性参数联测系统

3. 天然气成藏与开发实验评价技术系列

天然气成藏与开发实验评价是认识气藏特征、保障气藏科学高效开发的有效技术手段。中国石油已形成较为完善的实验评价技术系列，在高成熟、过成熟烃源岩的生排烃机理研究、特低渗透岩心非达西渗流参数测定、裂缝水窜渗流机理描述、含硫天然气相态分析等方

面技术特色突出，实验仪器和设备配套。

四、采气工程

采气工程包括气田开发的完井投产、试井及生产测井、增产措施、井下作业与修井，是实现气田高效开发的重要手段。中国石油拥有先进配套的作业设备、专用工具和软件，尤其在高温高压高含硫气藏完井、低渗碳酸盐岩和碎屑岩气藏的增产改造、有水气藏排水采气、低压井修井、实验评价技术等领域具有独特的技术优势，可提供系统的采气工程方案设计与工程技术服务。

(1) 高酸性气井完井工艺技术系列

高酸性气井完井工艺技术主要是针对高含硫化氢和二氧化碳气井特点，以地应力和井壁稳定性及腐蚀机理研究为基础形成的系列工艺技术。包括优选完井方式和完井管柱，“射孔、



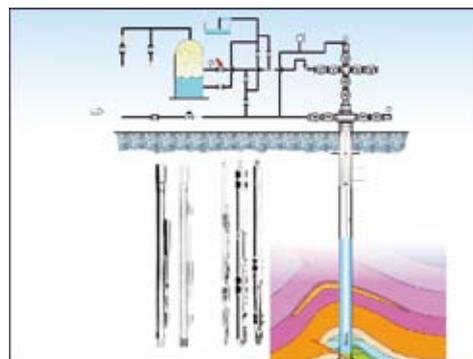
酸化、测试”三联作试气作业，提供耐压 70MPa 的永久式封隔器及配套工具，永置式压力温度监测系统；采用耐蚀合金钢材质，或碳钢加缓蚀剂延长井下管柱寿命的防腐工艺技术。

(2) 气藏增产改造工艺技术系列

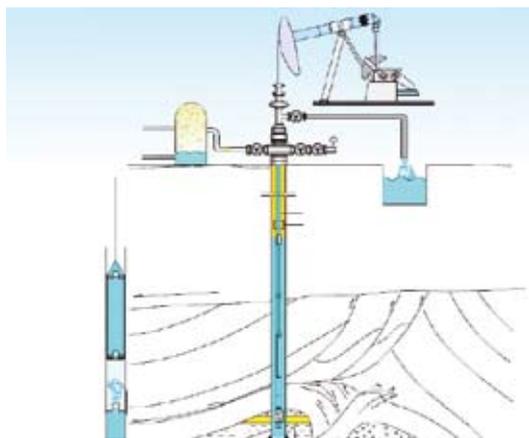
气井增产工艺技术主要包括水力压裂技术和酸化（酸压）技术。中国石油拥有碳酸盐岩储层三维酸压模拟设计、交替泵注和闭合酸化设计软件（二维、三维）；FracproPT 压裂设计、Wingohr 真三维水力压裂模拟、Stimpro 基质酸化设计、Acidguide 基质酸化专家系统等软件；拥有多种类型的压裂酸化添加剂，可以提供完整的气藏增产改造技术服务和解决方案，以及多级交替注入 + 闭合酸化、超大规模加砂压裂、封隔器分层压裂、水平井分段压裂、不动管柱多层压裂、水平井连续油管拖动酸化等技术服务。

(3) 采气工艺技术系列

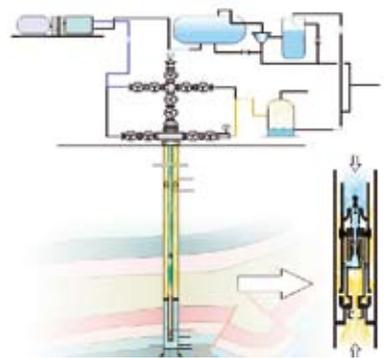
中国石油成功研发了优选管柱、化学排水、机械排水等十余种排水采气工艺技术。拥有采气工程师软件包，井下节流及水合物防治、机械排水采气工艺优化设计等系列软件以及配套的专用工具、设备，为气田开发提供工艺设计和施工技术服务。



常规气举排水采气工艺流程



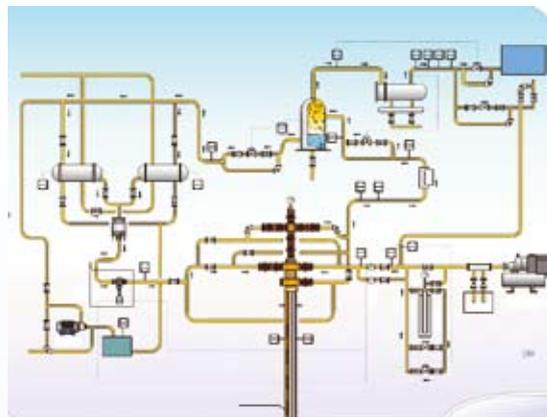
机抽排水采气工艺流程



射流泵排水采气工艺流程



采气工艺模拟实验系统全貌



采气工艺模拟实验井工艺流程

(4) 采气工程室内评价及中试技术系列

采气工程室内评价技术是利用先进配套的实验设备，模拟现场施工条件开展实验与分析评价，为采气工程方案的优化及工艺材料的优选提供基础，最大限度地减少工艺技术现场试验的风险，促进采气新技术、新工艺和新装备的发展和完善，提高工艺研究及应用水平。

中国石油拥有先进的采气工艺模拟实验系统、气举模拟实验台架、电潜泵实验台架、电缆测试维修设备、液压钢丝试井车和其他专用仪器设备。同时，引进了国外先进的高温高压岩心驱替系统和动态酸液滤失仪等专用仪器和设备，能提供采气工艺评价和压裂酸化评价技术服务。

五、地面工程

天然气地面工程是对气井采出的天然气进行收集、处理和储运，主要包括天然气节流降压、换热、分离、计量、脱水、增压、净化、处理、外输等生产环节。

中国石油拥有系统配套的天然气集输和处理技术，可以帮助用户实现常规气田、含凝析油气田、高含硫气田、特低渗透气田的安全清洁开发。

酸性天然气湿气输送、干气输送技术；
大型天然气净化厂设计与建设；
中低含硫天然气脱硫的液相氧化还原及固体脱硫技术；
材料评价选择技术；
腐蚀评价与防护技术；
脱硫溶剂、硫磺回收催化剂和缓蚀剂系列产品；
天然气分析测试技术。

1. 高腐蚀性、高压天然气和含凝析油气田等的内部集输技术

天然气内部集输技术是根据气田的天然气质特点和开发方案、气田的具体地形地貌，用管道将分散于各井的天然气集中起来，输送至天然气处理厂进行规模化处理。

(1) 酸性气田集输工艺技术

酸性气田集输工艺技术有效解决了水合物形成、集输管线选材及防腐、污水密闭输送及处理等关键技术。

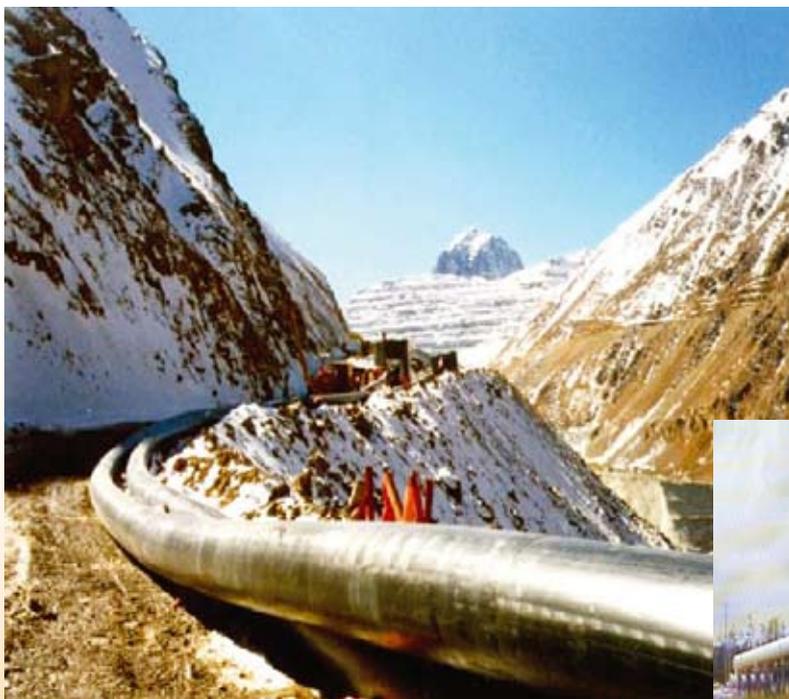


大天池脱水站

干气输送：在气田对天然气脱水后再通过集气干线输送到处理厂。适用于构造带上多个气田集中脱硫、长距离输送酸气的情况。中国石油采用这种技术成功开发了四川大天池、大池干、七里峡构造带的酸性气田。

湿气输送：在单井或集气站进行气水分离计量后，通过集气管线输送至天然气处理厂再脱硫脱水。适用于在单个气田脱硫、短距离输送酸气的情况。在四川卧龙河、中坝、磨溪、威远等酸性气田均采用这种方式。

(2) 含凝析油气田集输技术



英买7气液混输干线集气干线



处理厂入口的液塞捕集器

含凝析油气田集输技术主要采用单井或丛式井组集气、井口二级节流降压、气液密闭混输至中央处理厂。对于持液量大的采出气，要在集气干线末端设置液塞捕集器，在中央处理厂采用J-T阀节流致冷、低温分离、脱水脱烃等工艺，预先注入水合物抑制剂防止天然气水合物的形成，采用常压分馏法对凝析油进行稳定处理。有效避免了生产过程中产生废气、废水，部分偏远地区实现了井口无人值守。中国石油采用该技术成功开发了克拉2、塔中、英买7等气田。

(3) 低渗气田地面集输工艺优化技术

针对低渗气田单井产气量不高，生产井数较多，压力下降快等特点，采用集输工艺的优化简化技术，努力降低成本，实现效益开发。

采用井下节流防止水合物生成；

利用单井串接、丛式井组集气来减少采气管道长度；

在集气站进行集中分离、轮换计量，外输至处理厂进行处理。

长庆的苏里格、四川的广安等气田成功应用这些技术，取得了较好的效果。



气液分离撬

2. 天然气净化及处理技术系列

天然气净化技术是将天然气中硫化氢，二氧化碳，水分等杂质进行脱除，使之达到产品气的要求。中国石油拥有在天然气脱硫、脱水、脱碳、硫磺回收、尾气处理、液硫脱气等方面的系列配套技术，能提供完善的技术方案和服务。



克拉 2 气田中央处理厂



重庆天然气净化总厂

3. 酸性气田防腐技术系列

中国石油一直致力于天然气勘探开发过程中的腐蚀与防护技术研究与实践，拥有丰富的实践经验和实用技术，可以帮助用户实现酸性气田安全、环保、经济开发。

流体的腐蚀及材料的耐蚀性试验评价；

缓蚀剂研发及应用评价；

防腐方案设计；

现场腐蚀监测与检测；

腐蚀数据库等配套技术



高温高压动态腐蚀评价装置



CT 系列固体脱硫剂



CT 系列硫磺回收催化剂

4. 天然气分析测试、计量与标准化技术系列

天然气分析测试、计量与标准化是指天然气从生产（井口）到用户全过程的测量方法、取样、计量、试验与分析方法的技术和标准化工作。中国石油研发了以天然气组成分析、硫化物分析为代表的一整套天然气分析测试技术；建立起国家级流量计量标准装置；有完整的国家、行业、企业级天然气标准体系；制备了多种国家一、二级标准物质。

3

典型案例

一、碳酸盐岩缝洞型、裂缝—孔隙型气层勘探

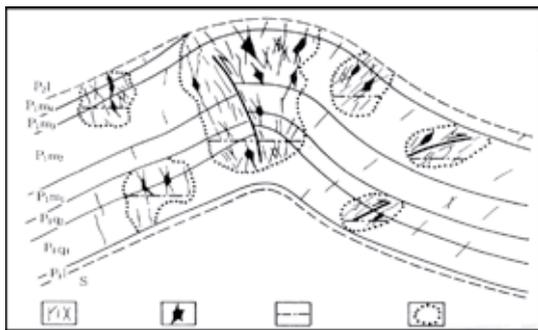
针对缝洞型、裂缝—孔隙型气层的特点，中国石油研发了不同的勘探对象的技术方法，缝洞钻遇率 90% 以上，获气成功率 75% 以上。

“三个优选”——优选有利构造类型、优选有利构造部位、优选有利断层类型；

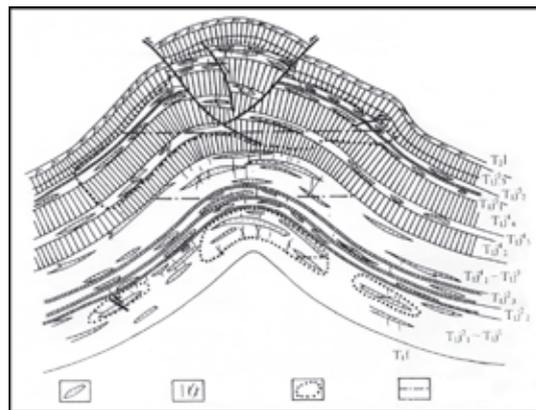
“三种计算”——构造曲率计算、断层伴生裂缝计算、构造滤波计算；

“四项处理”——模型正演、高分辨率、Seis-log(或 G—log)、模式识别或 P—G 指数；

“综合评价”——对上述优选、计算、处理的资料进行综合分析，再进行储量计算(断拱法)，优选出大储量缝洞系统。



下二叠统致密石灰岩缝洞型储层模式图



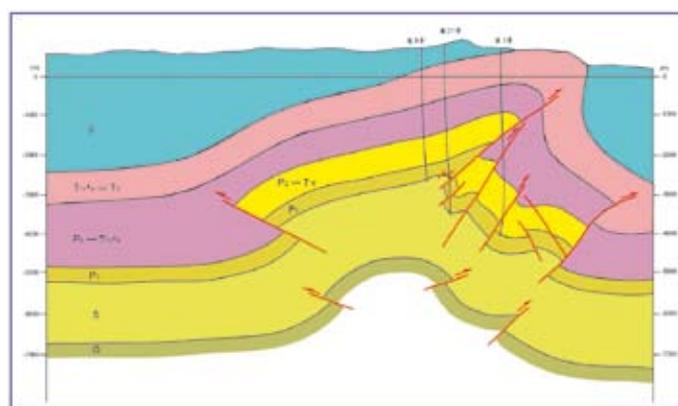
下三叠统蒸发海台地裂缝—孔隙型碳酸盐岩薄储层模式图

二、高陡复杂构造气藏勘探

针对四川盆地东部高陡构造的形成机理，结合构造褶皱强烈、地层倾角大、地腹构造复杂等特点，利用多种高陡构造勘探技术，四川盆地东部高陡构造勘探取得重大突破，先后发现了一大批类型多样的大、中型气田，成为四川油气田的天然气主要生产区。



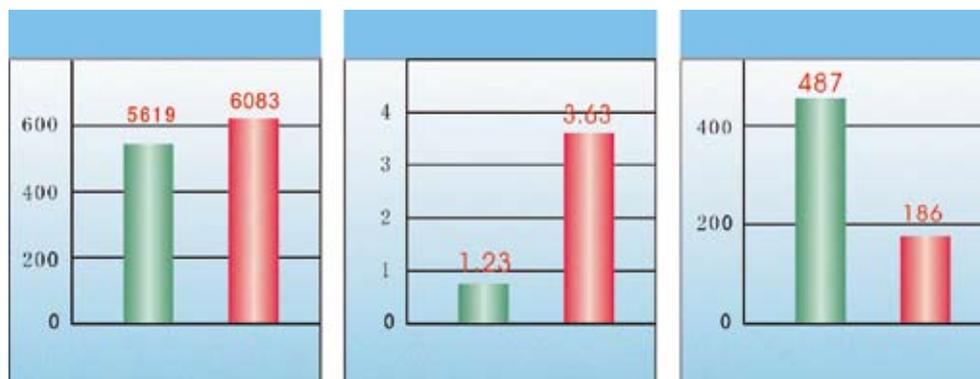
四川盆地川东高陡构造野外露头剖面



大池干构造地质解释剖面图

三、四川盆地深井超深井钻井技术

针对深部地层和一系列复杂难点，中国石油在四川盆地大面积应用以提高机械钻速为主的深井超深井钻井配套技术，采取气体钻井+螺杆钻具配合PDC钻头等技术，机械钻速提高2倍以上，钻井周期缩短一半以上。

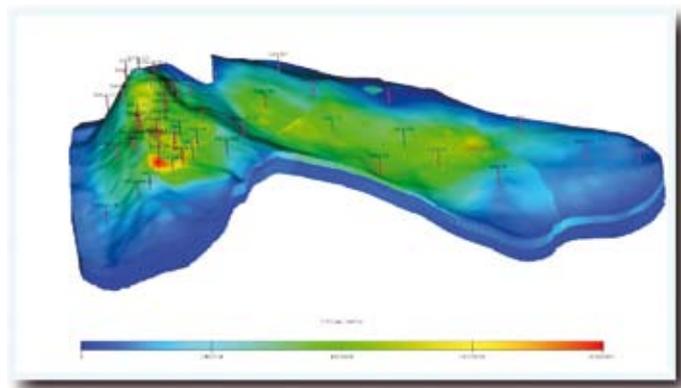


龙岗地区已完钻35口井与邻构造7口深井钻速对比图

四、特低渗透碎屑岩气藏开发

低渗气藏分布较广，不同区域、不同层系的低渗透气藏低渗、有水、强非均质、多层组等复杂因素交织，制约了气藏的规模效益开发。特低渗透碎屑岩气藏开发难度更大。

四川盆地川中三叠统须家河组碎屑岩储层渗透率多低于 0.1mD ，针对气藏具有低渗、强非均质、单井产能较低、气水关系复杂等特点，应用精细气藏描述技术、特殊气井试井分析技术、数值化跟踪分析技术，明确了气藏有效储层分布、气水分布、气井产能及其控制因素，筛选出天然气富集区块，优化井位部署，采用丛式井及井下节流技术优化地面流程，降低投资，单井增产倍比达 $5\sim 20$ ，实现了气藏的合理和效益开发。



广安须六气藏剩余储量分布图

五、含硫气田安全开采

1. 防腐技术实现含硫气藏安全开采

四川中坝气田雷三气藏是酸性气体含量较高的气藏，其 H_2S 含量为 $4.9\%\sim 7.11\%$ ， CO_2 含量为 $4.16\%\sim 4.69\%$ ，气田水中 Cl^- 为 $1000\sim 51766\text{mg/L}$ ，依靠酸性气田开发工艺技术，成功实现了近30年的安全开采。



高含硫气田现场腐蚀试验装置

2. 净化技术在含硫气藏安全开采的应用案例

针对部分地区天然气的高碳硫比和硫磺回收过程存在有机硫等特点，利用脱硫净化、选择性氧化催化、有机硫水解催化等技术，改善了脱硫溶液的选择性、抗发泡性及抗氧化性能，改进和提高了硫磺回收催化剂性能。酸气中 H_2S 浓度明显提高，过程能耗大幅降低。实际应用表明，自主研发的 CT8-5 配方型溶液的性能优越，贫液 H_2S 、 CO_2 含量等性能指标优于同类产品。选择性脱硫、超级克劳斯硫磺回收等工艺技术，确保了装置的正常运行，净化气 H_2S 含量通常在 $5 \sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ 左右，硫回收率达到 99% 以上。



天然气净化厂（采用 CT8-5 选择性脱硫溶剂脱硫）

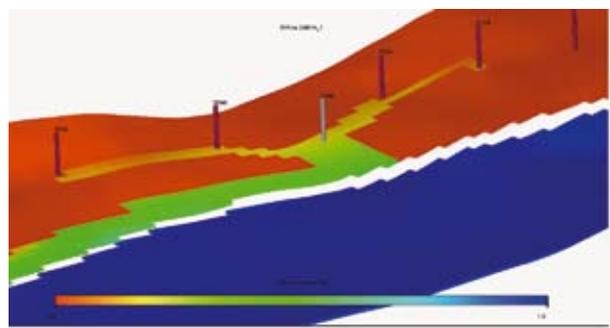
六、有水气藏开采

在有水气藏的开发过程中，随着地层压力的不断下降，地下水沿裂缝窜入气藏，形成死气区，并造成井筒积液，严重影响气井产量和气藏采收率。绝大多数气藏为有水气藏，开发过程中不同程度受到地层水水侵的影响。

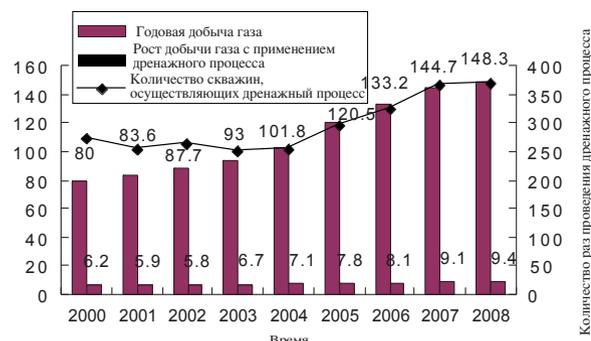
排水采气工艺是有水气藏治水的重要工艺技术手段。2000年以来，四川盆地平均每年大约有300口井实施排水采气，增产天然气占年产气量的6%~8%，在有水气藏的效益开发方面取得显著的效果。

七、土库曼斯坦奥斯曼3井特大井喷失控着火抢险救援

2006年10月28日，土库曼斯坦奥斯曼3井在钻至4577m时突然发生强烈井喷失控着火，钻机被大火全部烧毁，并造成一名井架工死亡。该井日喷天然气超过500万立方米，硫化氢含量达 $34.5\text{g}/\text{m}^3$ ，属典型的高产、高压、高含硫气井。中国石油抢险救援队采用全程带火作业方式，克服沙漠环境下抢险用水严重不足、作业环境风向多变、井口破坏严重等重重困难，完成了险情极度恶劣、难度极高的抢险救援作业。



裂缝水窜机理示意图



四川盆地排水采气工艺技术现场应用效果



土库曼斯坦奥斯曼3井抢险救援现场

4

科研装备

中国石油拥装备精良、技术先进的重点实验室，可提供包括地球物理勘探、气藏评价、钻（完）井、井下作业、采气工程、天然气净化和地面集输工程的研究与开发、实验分析与评价、工程咨询、设计与施工等各项专业技术服务。

在天然气勘探领域，拥有 408 XL、408 UL 等地震仪器和先进的资料解释处理系统，各型测井工作站和测井软件等。

在气藏工程领域，拥有自主研发和引进的先进开发实验分析仪器和分析软件，如致密岩渗透率仪、HP-40 多功能氦孔隙度仪、全直径岩心渗透率仪、硫岩心沉积实验装置、扩展型氦孔隙度仪、UPY-1000 固体密度计、核磁共振仪、PVT 相态仪等。

1. 碳酸盐岩储层酸化实验室。

现有压裂酸化工艺筛选、工作液综合性能评价、压裂酸化添加剂产品质量检验、储层敏感性分析、支撑剂性能评价、岩石力学性质及地应力室内测试等实验技术。



高压渗透率仪

2. 采气工艺实验室。

拥有亚洲唯一的全直径采气工艺模拟实验井，能进行气水两相流模拟实验、采气工艺评价实验、工具设备性能实验。



采气工艺模拟实验井

3. 天然气净化实验室。

主要开展硫磺回收及尾气处理、固体脱硫、络合铁脱硫及醇胺脱硫实验分析与评价

4. 天然气分析测试实验室。

是石油工业天然气产品质量监督检验中心和 ISO/TC193 国内技术归口单位。

5. 酸性油气田材料与腐蚀实验室。

可以模拟 70MPa、350oC 的酸性油气井井下条件和地面环境，进行高温、高压、高腐蚀性的静态和流动腐蚀试验，对井下、地面集输用的金属材料进行硫化物应力开裂、应力腐蚀开裂等多种腐蚀试验和评价。



固体脱硫剂脱硫试验装置



加氢脱硫试验装置



高温、高压硫化氢模拟
实验装置

5

资质与标准

一、资质

中国石油通过了 IADC 国际井控培训资质认证、取心 API 认证等资质认证。地面工程技术具有工程设计、工程勘察、工程监理、工程咨询等国家甲级资质，拥有国家级长输管道检测评价中心，具有国家压力管道检验许可证书和国家认可的实验室认可证书和检查机构认可证书，以及国家级酸性油气田材料腐蚀检测计量认证合格证书、特种设备检验检测机构核准证、大流量计量站计量认证合格证书等相关资质。



IADC 国际井控培训资质证书



特种设备检验检测机构核准证



井控装置质量监督检验中心计量认证证书



工程设计资质证书



酸性油气田材料腐蚀检测计量认证证书



开发实验室计量认证证书



天然气分析测试实验室认可证书

二、标准

中国石油提供的全系列技术服务，始终在 API 等国际行业标准内精益求精，技术工艺、产品装置与业界全面接轨和融合。

6

专家团队



戴金星 中国科学院院士，天然气地质学和地球化学专家。致力于石油天然气地质学和地球化学研究，多次负责天然气方面的国家重点科技攻关项目，提出了煤层气模式、各类天然气藏鉴别方法、天然气成藏模式和大中型气田富集规律。



陈更生 天然气勘探专家。主持过多个区块（盆地）风险勘探项目并取得丰硕勘探成果，善于将油气地质理论、新技术、新方法 with 勘探实践相结合，具有对外合作油气勘探的经验，熟悉油气地质开发。



黄先平 天然气勘探专家，长期从事四川盆地天然气勘探开发研究及科研生产综合管理并取得显著成绩，具有丰富的科学研究和科研项目管理经验主持完成多项重大科研课题。



李亚林 天然气勘探专家、SEG 会员。具有 22 年从事高陡复杂构造成像与综合解释、复杂油气藏储层预测与油气藏技术描述、多分量地震勘探技术研究和现场实践经验。



宋家荣 天然气勘探专家，长期从事石油天然气地质综合研究和勘探生产研究，在海相碳酸盐岩油气成藏和前陆盆地岩性油气藏研究方面具有丰富经验，取得了明显的勘探成绩。



齐宝权 测井专家，具有 20 年测井解释经验，擅长成像测井、核磁共振测井资料应用、碳酸盐岩储层测井评价等。



韩烈祥 钻井专家。在钻井工艺技术、钻井井控技术，尤其是在垂直钻井工艺技术方面具有深厚造诣，主持制订、修订行业标准多项。



徐 峰 固井专家。具有 22 年的固井技术研究和固井现场工作经验，是深井超深井固井、“三高”井固井、复杂地质条件下的固井等工艺技术方面专家，获得国家专利 2 项。



钟 兵 天然气气藏工程专家。具有丰富的气田开发经验，先后主持和承担国家、中国石油各级气田开发方案编制、气田开发综合研究、气田开发现场试验等科技攻关项目 40 余项。



冯 曦 天然气气藏工程专家。从事气藏工程研究 24 年，专长于复杂气藏、气井开发动态机理和动态分析应用研究，在特低渗透气藏低速非达西渗流动态分析、裂缝—孔隙型局部水侵气藏水侵动态分析、高含硫气藏早期动态分析等方面取得了突出的创新性研究成果。



马发明 天然气开发专家。20 余年的天然气开发经验，组织实施完井、修井、试采、增产作业 300 余井次，主持石油天然气行业标准多项、《采气工程》等专业著作 2 部。



黄黎明 腐蚀防护专家，美国 NACE、SPE 会员，全国天然气标准化技术委员会秘书处副主任。具有 22 年腐蚀防护和酸化工艺技术研究及现场工作经验，参与编写专业著作 2 部。



姜放 腐蚀防护专家，中国腐蚀与防护学会理事，美国腐蚀工程师协会 (NACE) 中国分会专业委员。长期从事油气田材料与腐蚀研究和设计。主编国家及行业标准 6 项。



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

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

