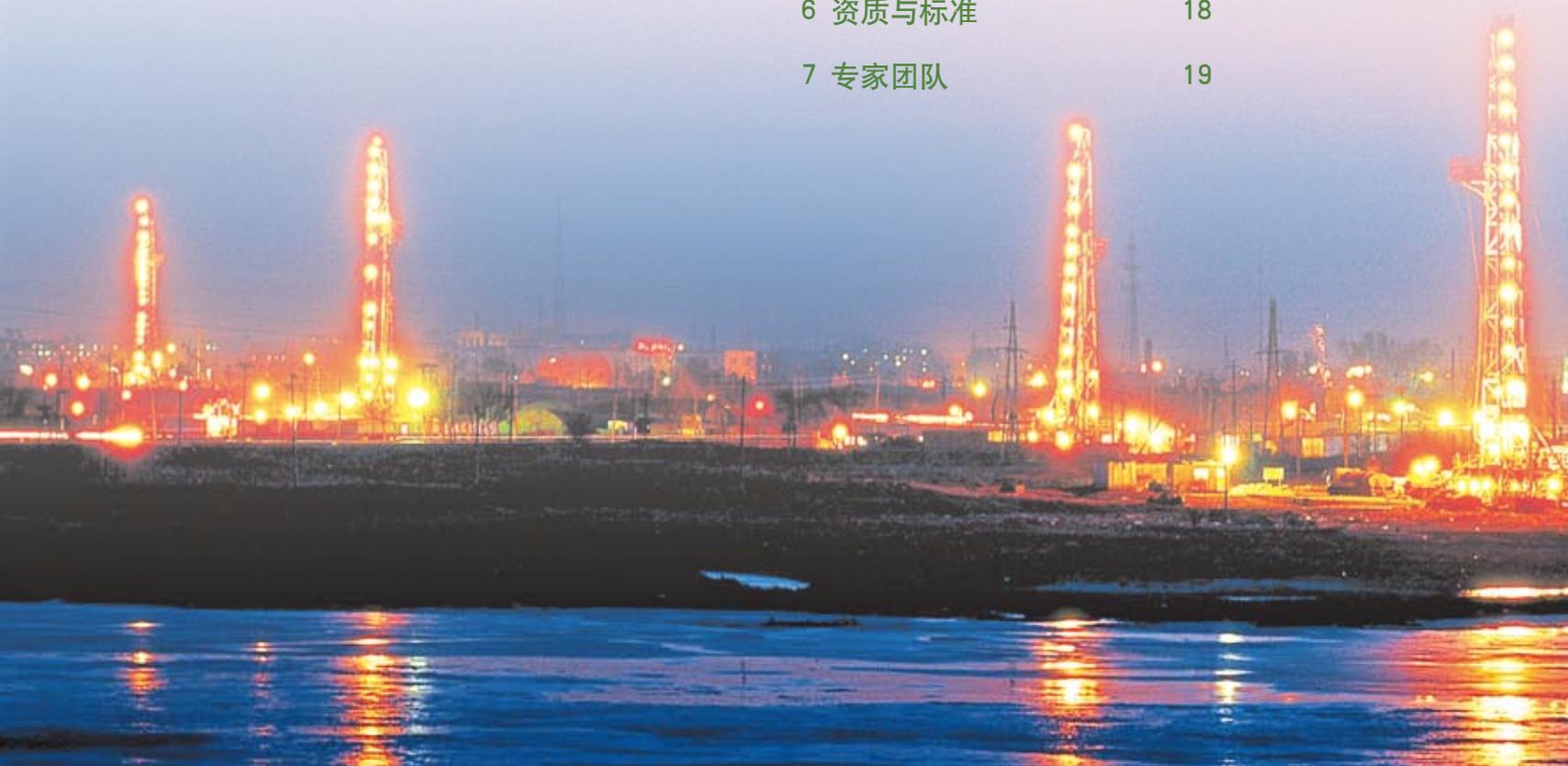


发展天然气地质理论
提高天然气勘探水平!



目 录

1 简介	3
2 理论与认识	4
3 特色技术	9
4 典型案例	13
5 科研装备	17
6 资质与标准	18
7 专家团队	19





中国石油

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2012年国内生产原油1.1亿吨，生产天然气798.6亿立方米，加工原油1.91亿吨，全年实现营业收入2.69亿元，实现利润1391亿元。

2012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4位，在《财富》杂志全球500家大公司排名中位居第6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。

天然气地质理论与检测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

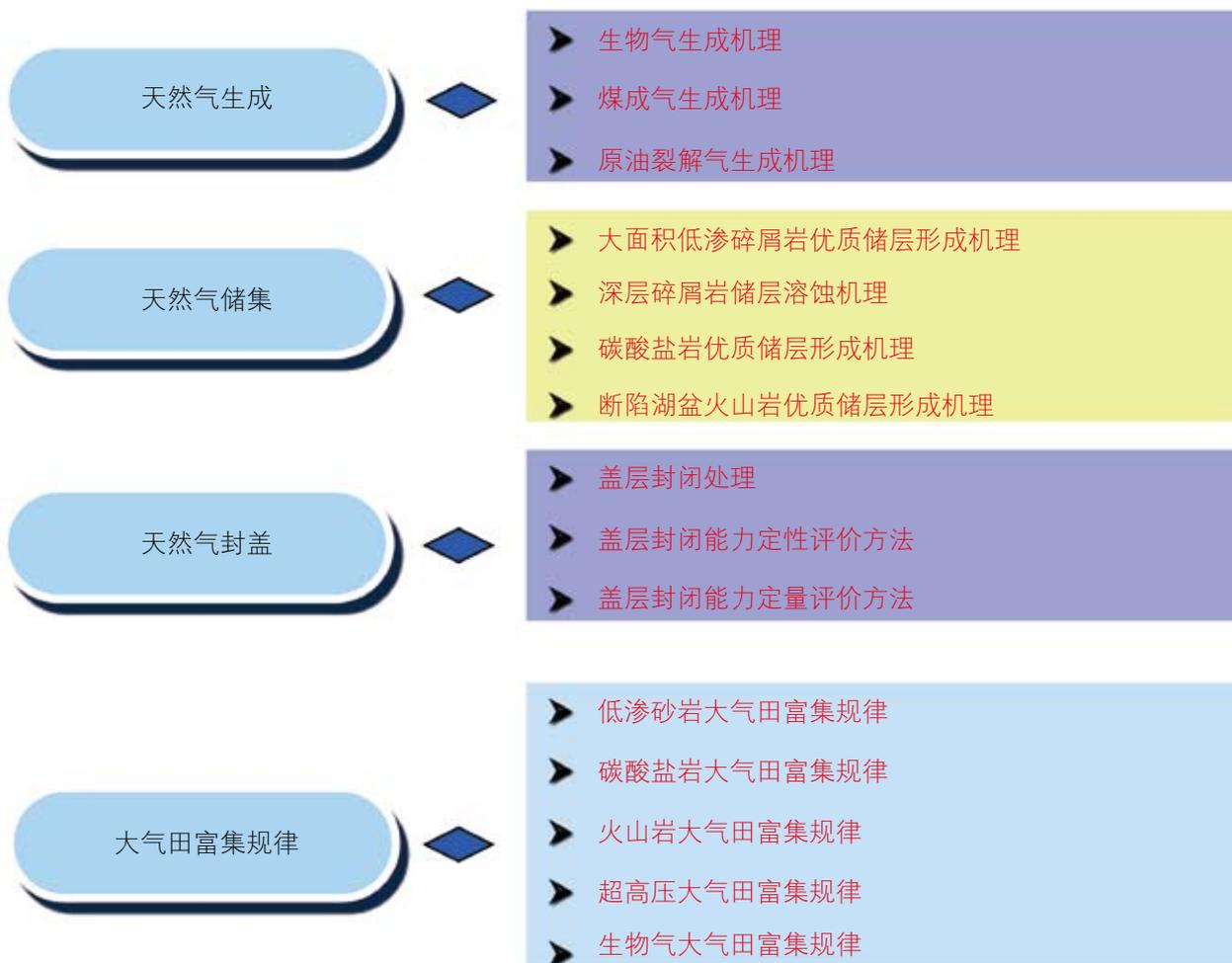
2

理论与认识

天然气相对石油具有分子结构简单、分子量小、分子半径小、黏度小、易扩散等特点，决定了有别于石油的天然气地质基础理论。

中国石油拥有国内唯一专门从事天然气勘

探研究的专业机构。经过多年的技术攻关，在天然气生成、储集、封盖，大气田成藏机理和富集规律等方面都取得了重要进展，有力地推动了天然气勘探的突破和大气田的发现。

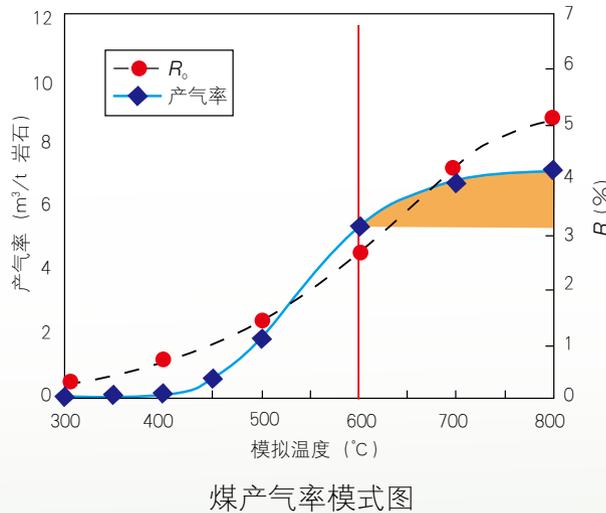


2.1 天然气生成

在煤成气、原油裂解气和生物气的生成下限研究方面取得了重要进展，发展了天然气生成理论。

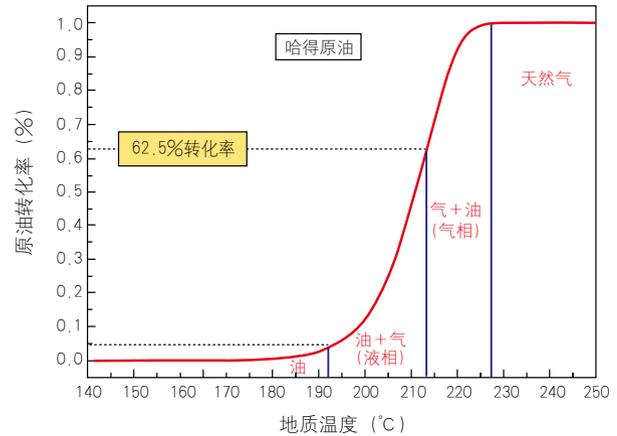
◎ 煤成气

实验研究表明，由于煤系源岩的特殊结构，煤和碳质泥岩在过成熟阶段仍能生成占总量20%以上的天然气，生气下限由 $R_o=2.5\%$ 延伸到了5.0%。煤成气的生气量比过去提高了约1/4。



◎ 原油裂解气

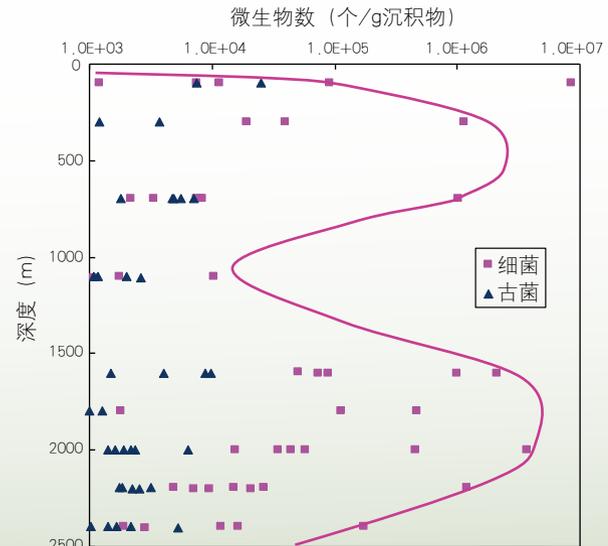
生烃动力学模拟实验研究认为，原油裂解的终止地温由以往的200°C提高到了230°C。为原油裂解气的预测提供了理论依据。



原油转化率与地温的关系

◎ 生物气

一般认为，75°C是生物气生成及勘探的下限，模拟实验揭示，85°C下仍有较多生物甲烷生成。生物气生成的深度和勘探下限将向下延伸。



不同深度下检测到的微生物数量

2.2 天然气储集

在大面积砂体成因、深层碎屑岩形成机理研究等方面取得了新进展。

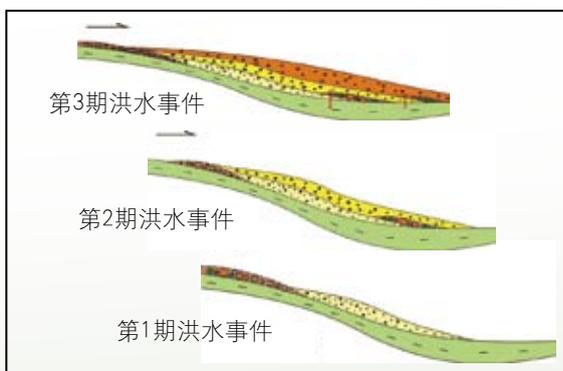
◎ 大面积砂体成因

平缓构造背景、多物源和水体频繁振荡形成大面积砂体。

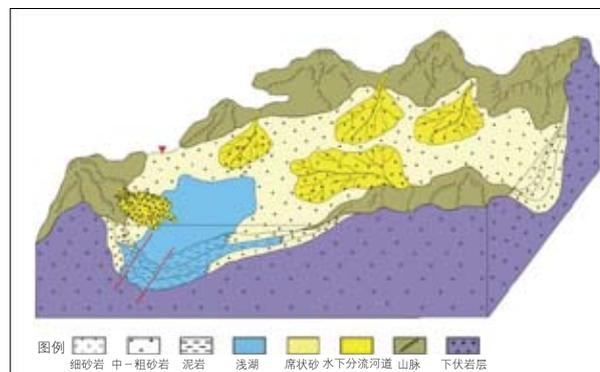


多物源水槽物理实验

◎ 沉积模式



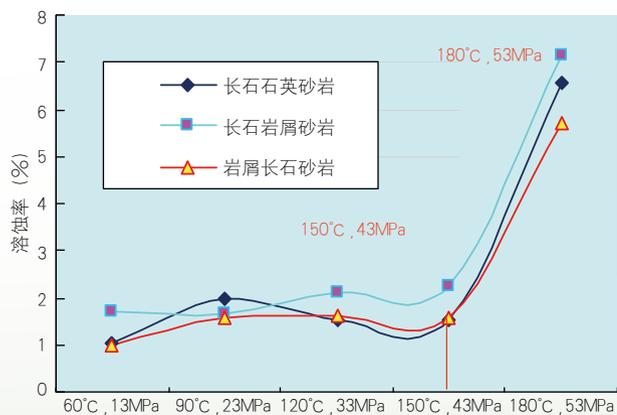
“洪水事件性”沉积模式



“敞流型”沉积模式

◎ 深层碎屑岩储层

高温高压条件下的溶蚀实验表明，长石等可溶组分在高温高压下的溶蚀速率增大2~3倍，极大地改善了深部储层的储集性能。



不同温压下砂石溶蚀率

2.3 天然气封盖

盖层封闭机理主要包括毛细管封闭、超压封闭、烃浓度封闭、接力封闭等。天然气藏盖层封闭能力评价已由盖层宏观参数定性评价或微观参数单因素的定量评价，发展到宏观和微观结合的综合定量评价。

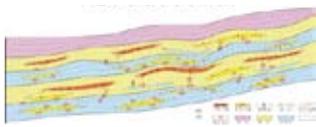
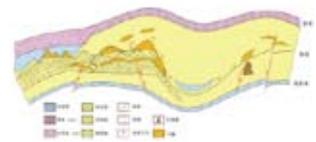
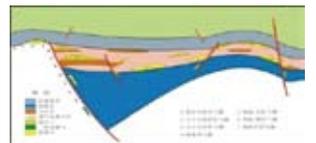
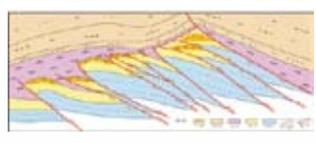
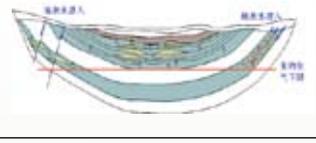
◎ 盖层封闭能力定量评价方法

形成了考虑盖层厚度、排替压力、气藏压力系数及断层的综合定量评价方法，建立了不同类型气田盖层定量评价参数体系，评价了不同类型大气田的盖层封气能力。



2.4 大气田富集规律

在低渗砂岩、碳酸盐岩礁滩与岩溶、断陷盆地火山岩、超高压及生物气大气田的成藏机理、主控因素与富集规律方面取得了新进展，丰富和完善了大气田成藏理论。

气藏类型	成藏模式	成藏机理	成藏模式	主控因素	分布规律
低渗砂岩气藏		源岩生烃超压；非达西流运移；动力圈闭近源聚集	源储交互型气藏(须家河组)；源储叠置型气藏(苏里格盒8-山1)	大型三角洲沉积体系；源储大面积叠置	主要分布在大型三角洲沉积体系的源储叠置优势区
碳酸盐岩气藏		多源混合；多期充注；原油裂解；气侵改造	台缘礁滩气藏；岩溶风化壳气藏；台内礁滩气藏；层状白云岩气藏	台缘带和风化壳；输导体系	主要分布在海相盆地台缘礁滩和古隆起及斜坡的岩溶储层发育区
火山岩气藏		近源聚集；环槽富集	断裂输导型气藏(松辽深层)；断裂+不整合输导型气藏(克拉美丽)	岩相、岩性；输导体系	主要分布在有断裂沟通的爆发相、溢流相优质储层中
超高压气藏		快速强充注；超晚期成藏；超强度封盖	构造气藏(克拉2、大北1等)	源岩快速强充注；膏岩超强封盖	主要分布于膏岩、泥岩等优质盖层下与断裂相伴的构造或复合构造中
生物气气藏		自生自储；近源垂向运聚；同生圈闭控藏；接力封闭	原生生物气藏(涩北一等)；次生物气藏(松辽浅层)	大量可溶有机质持续生气；泥岩接力封闭	主要分布于保存条件良好的浅层富源区

2.5 天然气地质勘探理论

形成和发展了大面积低渗砂岩、碳酸盐岩岩溶与台缘礁滩、断陷盆地火山岩等大气田勘探理论，指导了不同类型大气田的勘探。

- 大面积低渗砂岩大气田勘探；
- 古老碳酸盐岩岩溶大气田勘探；
- 碳酸盐岩台缘礁滩大气田勘探；
- 断陷盆地火山岩大气田勘探。

3

特色技术

3.1 天然气地质实验技术

拥有国际一流的天然气成藏与开发重点实验室，在天然气地质和开发实验领域形成了国内独具特色的技术系列，其中，天然气地质实验的特色技术主要包括天然气生成模拟技术、天然气成因判识与气源对比技术、天然气成藏物理模拟技术和天然气盖层评价技术。

天然气生成模拟

拥有开放、封闭和半开放一半封闭体系下的全系列天然气生成模拟实验技术，可以实现各种地质条件下生物气、干酪根裂解气、原油裂解气的生成模拟，主要应用于天然气生成机理研究和生气模式的建立。

技术名称	技术特点	实验体系
全岩连续无损耗天然气生成模拟技术	在线模拟检测，连续无损耗，用样量少，最高温度 900°C（对应的 R_o 在 5% 以上），可再现生排烃过程	开放体系
高温高压生烃模拟技术	程序升温，最高温度 600°C，最大压力 60MPa，适于大量样品的模拟	封闭体系
MSSV 生烃模拟技术	可实现多程序升温，进行生烃动力学模拟，可同时进行 27 组实验，最高温度达 600 °C	
动力学生烃模拟技术	程序升温，压力可达到 80MPa，可进行同位素动力学模拟，可同时进行 16 组实验，最高温度达 800°C	
地层条件下生烃模拟技术	模拟温度最高可达 700°C，上覆静岩压力最大 200MPa，最大流体压力达 120MPa，可以最大限度地模拟地层条件下的生排烃过程	半封闭—半开放，封闭
生物气生成模拟技术	多菌种、多温度点，可同时进行 20 组实验	

天然气成因判识与气源对比

开发并形成了天然气成因判识与气源对比的 10 项特色技术。

技术名称	技术特点
天然气组分分析技术	分析天然气中 C_1-C_6 , H_2 , N_2 , O_2 , CO_2 , H_2S , Hg 、源岩在线模拟气、群体包裹体气组分组成特征
天然气组分碳同位素分析技术	除天然气外, 可以在线分析源岩模拟气、群体包裹体气组分碳同位素组成特征
天然气组分氢同位素分析技术	除天然气外, 可以在线分析源岩模拟气、群体包裹体气组分碳同位素组成特征
轻烃组成分析技术	分析天然气、在线源岩模拟气和原油的 C_5-C_8 轻烃组成特征
天然气轻烃碳同位素分析技术	分析天然气、源岩在线模拟气 C_5-C_8 轻烃碳同位素组成特征
天然气轻烃氢同位素分析技术	分析天然气、源岩在线模拟气 C_5-C_8 轻烃氢同位素组成特征
天然气生物标志物	对天然气进行富集, 分析其中甾烷、萜烷生物标志物组成特征
天然气同位素动力学对比技术	分析天然气、源岩模拟气碳氢同位素组成, 建立碳氢动力学模型
稀有气体组成与同位素对比技术	分离并定量天然气、源岩、包裹体、原油和地层水中氦、氖、氩、氪、氙稀有气体, 在线分析其同位素组成特征
非烃气体组成与同位素分析技术	可以在线分析非烃气体组成和同位素 (CO_2 碳-氧、 H_2S 硫、 N_2 氮), 操作简便

天然气成藏物理模拟

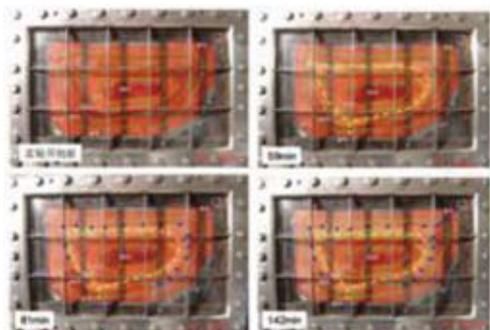
开发了国内系列最全的天然气一维、二维、三维成藏物理模拟系统。可实现全直径、多长度、高温、高压、饱和度在线检测、三维图像多方位切片等功能。

◎ 天然气运移及充注模拟

用于模拟天然气运聚过程中的分馏特征, 研究低渗透砂岩充注动力及成藏机制。

◎ 天然气成藏二维可视物理模拟

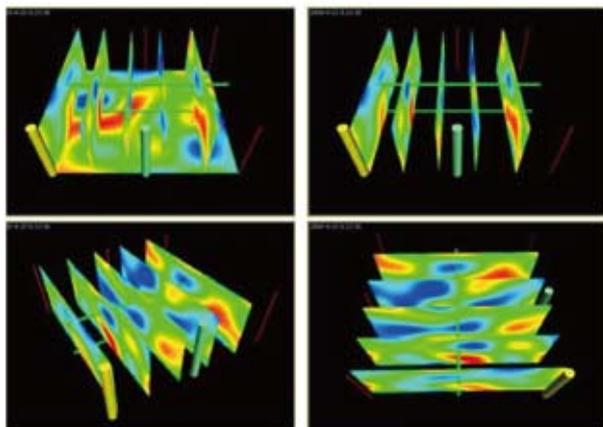
模拟天然气在横向和纵向上的运移和聚集的物理过程。



二维成藏模拟实验

◎ 天然气成藏三维动态物理模拟

在三维空间尺度上，模拟不同圈闭类型天然气成藏过程，预测气藏的有利分布区。



可以任意截取一个或多个温度、压力断面

天然气盖层评价

天然气盖层评价技术包括突破压力分析技术、孔渗分析技术、微孔结构分析技术、比表面积和扩散系数分析技术等。

◎ 地层条件下盖层突破压力测试技术

采用直接驱替法，能够在模拟地层条件下测量不同类型盖层突破压力，适用于全直径和多规格岩石样品。

◎ 高温高压扩散系数测定技术

突破传统的常温常压，实现高温高压条件下岩石扩散系数的测定（最高温度 150 °C，最大压力 70MPa）。

◎ 岩石比表面分析技术

采用等温物理吸附的静态定量方法进行单点、多点比表面积、孔径等分析，比以往动态吸附法更接近地质条件。

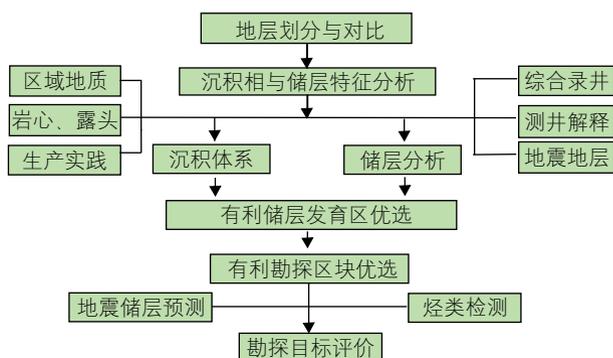


3.2 天然气地质综合评价技术

区带与目标评价

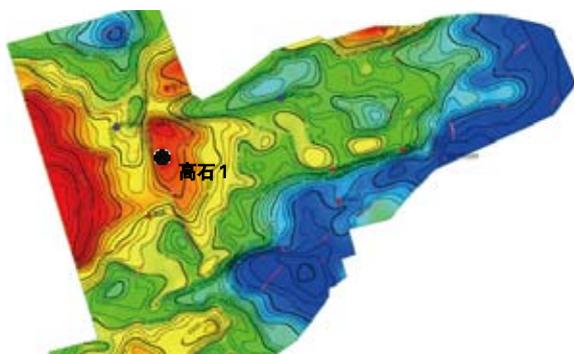
◎ 区带评价

在成藏地质条件分析的基础上，综合考虑主要控制因素，将勘探领域划分为不同的勘探区块，并进行潜力评价。



◎ 目标评价

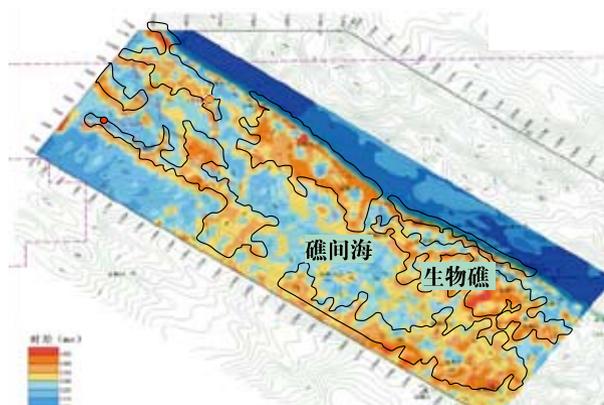
在重点勘探区带上，利用地震资料进行圈闭解释和评价，优选勘探目标，通过储层预测和气层检测落实井位。



储层预测与气层检测

◎ 储层预测

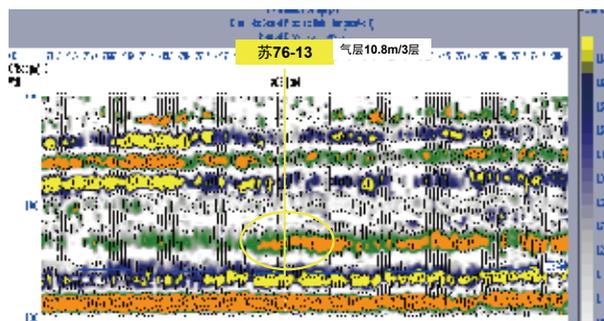
建立了低渗透砂岩、碳酸盐岩岩溶和礁滩、火山岩四大类地震储层预测方法，预测有利储层展布，指导井位优选。



通过地震相识别生物礁储层发育分布

◎ 气层检测

建立了AVO分析、地震反演（波阻抗和地震属性特征反演）和多属性分析三大类特色方法。



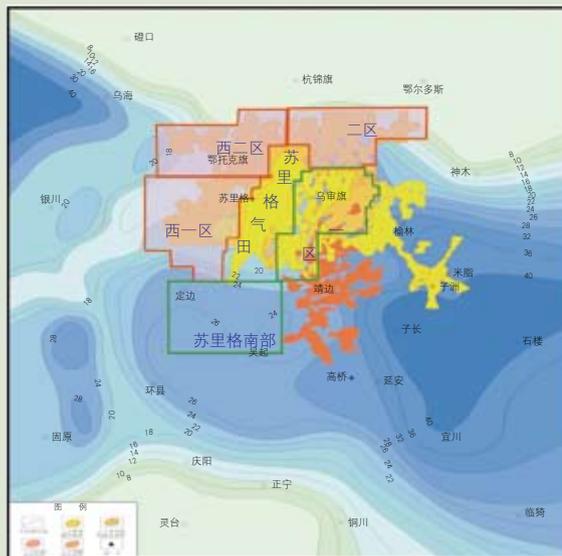
通过地震属性分析含气性

4

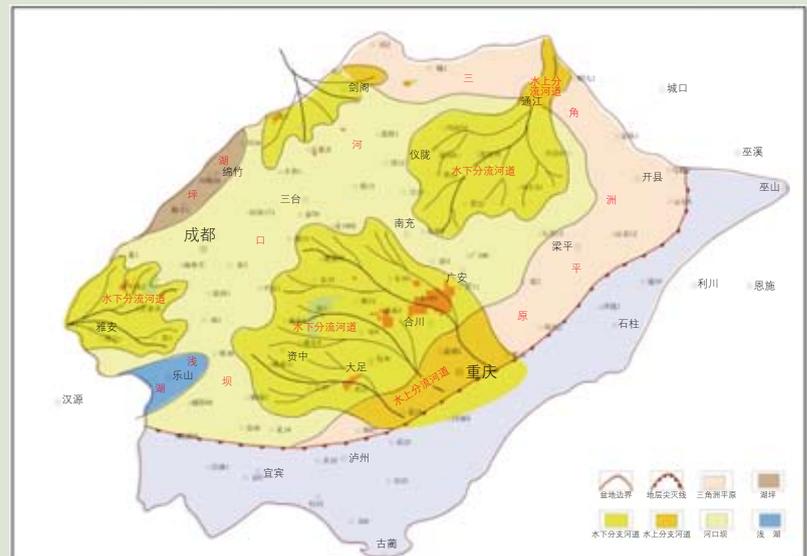
典型案例

4.1 大面积低渗砂岩大气田勘探理论的应用

近源高效聚集的大面积低渗砂岩大气田勘探理论的核心是近源聚集、低丰度累积聚集效率高。生气强度达 10 亿 m^3/km^2 的区域可以形成大气田，突破了 20 亿 m^3/km^2 的观点，拓展了寻找大气田的勘探领域，有效地指导了鄂尔多斯盆地苏里格气田勘探向西、向北扩展，以及四川盆地须家河组的扩展勘探。



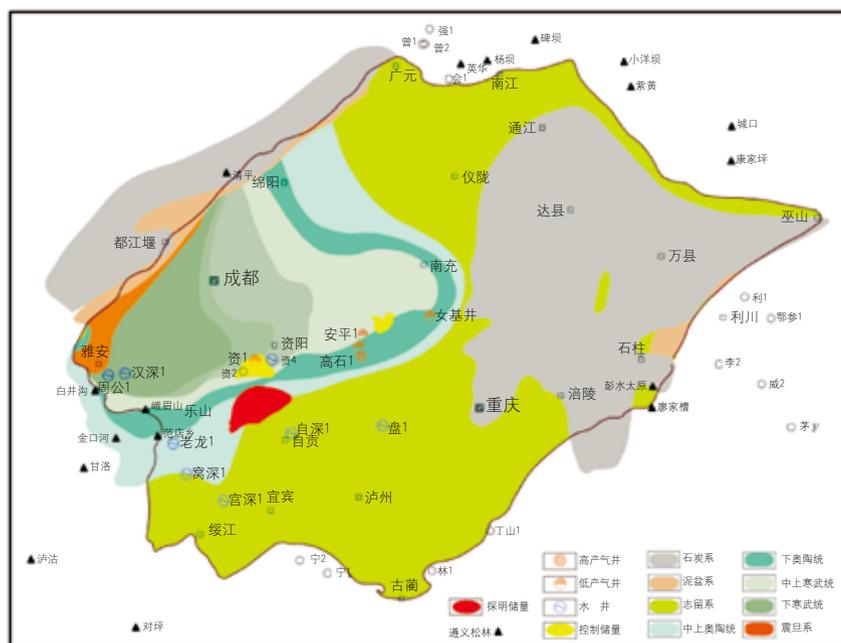
鄂尔多斯盆地上古生界烃源岩
生气强度与气田分布图



四川盆地须家河组沉积相与气田分布图

4.2 古老碳酸盐岩岩溶大气田勘探理论的应用

古老碳酸盐岩岩溶大气田勘探理论的核心内涵是指大面积古老烃源岩、大面积古老丘滩岩溶储层、大型古油藏原油裂解和继承性古隆起找高位。这一理论有效地指导了高石1井的部署决策及重大突破，引领了高石梯—磨溪地区震旦系一下古生界大气田的发现和评价，有力地支持了四川盆地300亿方天然气工业基地建设。

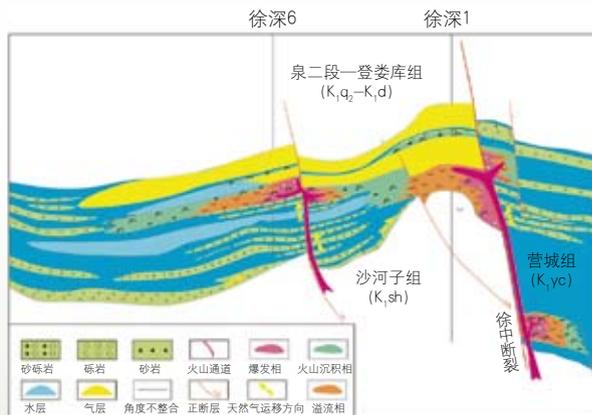


四川盆地二叠纪沉积前古地质图

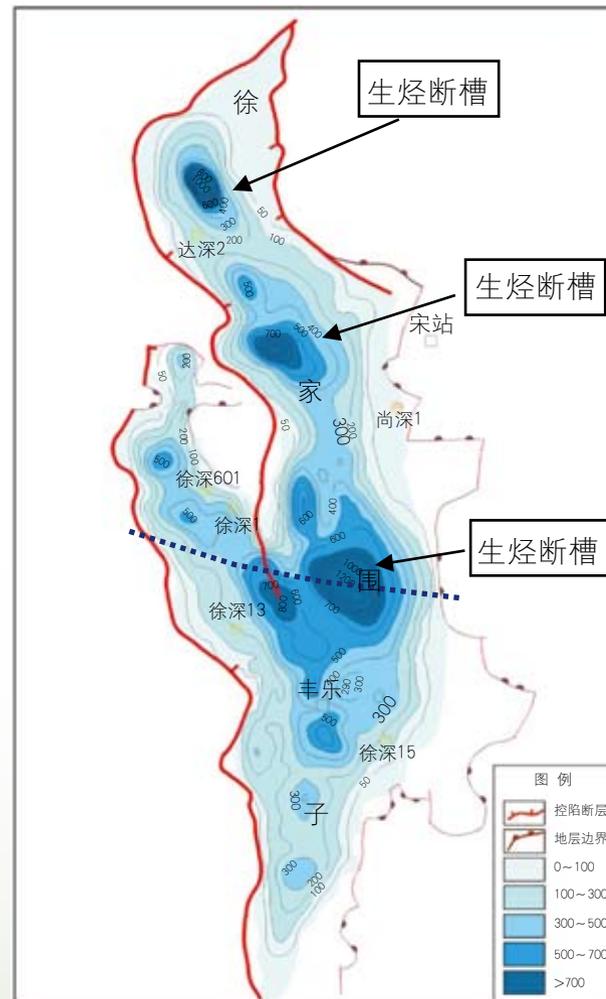
4.3 断陷盆地火山岩气田勘探理论的应用

松辽盆地深层是由 36 个独立断陷组成的断陷群，每个断陷由一个或多个次级断槽组成，断槽控制烃源岩发育，自成含气系统。断陷盆地火山岩大气田勘探理论实现了由过去寻找“大湖盆、大断陷”到寻找“生烃主断槽”勘探思路上的转变，指导了中小型断陷勘探。

在松辽盆地深层评价断陷 22 个，优选了 11 个有利断陷，徐家围子、长岭、孤店、王府等一系列断陷勘探实践得到证实，中小型断陷探井成功率达 100%。



徐家围子断陷徐深 1 气藏剖面图



徐家围子断陷生烃断槽分布图

4.4 天然气气源对比技术系列在勘探中的应用

利用开发的“天然气成因鉴别与气源对比”特色技术，对中国陆上四川、鄂尔多斯、塔里木、准噶尔和松辽盆地等主要气区天然气开展了精细的成因判识和气源对比，在天然气成藏研究和指导勘探决策中发挥了重要作用。

◎ 四川盆地

运用天然气和源岩模拟气的组分、碳同位素、稀有气体同位素等多种技术分析认为，震旦系天然气是与震旦系源岩有密切联系的原油裂解气，肯定了震旦系源岩对大气田形成的重要贡献，推动了古老碳酸盐岩成藏理论的形成，有效地指导了高石梯—磨溪地区天然气的评价与勘探部署。

◎ 鄂尔多斯盆地

运用天然气和源岩模拟气的组分、轻烃、碳同位素、同位素动力学等多种技术分析认为，鄂尔多斯盆地上古生界天然气为煤成气，具有近源聚集和累积聚气的特征，推动了致密砂岩成藏理论的形成，有效地指导了盆地天然气的勘探。



5

科研装备

天然气成藏与开发重点实验室拥有大中型实验设备共 61 台套，主要包括标志性设备稀有气体同位素质谱仪、天然气成藏模拟系统、大型设备 MAT253 同位素质谱仪、Delta Plus XL 同位素质谱仪、Delta-S 同位素质谱仪、色谱 / 质谱仪、包裹体分析仪、激光共聚焦扫描显微镜、气相色谱分析仪、扩散系数测定仪、有机碳分析仪、油气评价仪等设备。拥有的科研设备可以开展天然气及岩石热解轻烃、天然气生物标志化合物、岩石生排烃模拟实验、单体烃碳氢同位素、非烃及稀有气体同位素、天然气成藏物理模拟、包裹体系列分析及盖层评价等项目。



天然气生排模拟装置



MAT253 同位素质谱仪



稀有气体同位素质谱仪



气相色谱分析仪



激光共聚焦扫描显微镜



天然气成藏模拟系统

6

资质与标准

6.1 资质

天然气成藏与开发重点实验室成立于 2000 年，获中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定（计量认证）证书，拥有 53 项地质检测技术。承担着国家和集团公司及六大气区的重大科研攻关项目。已获各种奖励 107 项，其中获国家奖 5 项，省部级奖 40 项，局级奖 62 项，共发表文章 450 余篇，专著 26 部。



6.2 标准

中国石油天然气集团公司天然气成藏与开发重点实验室主持和参与制定了与天然气勘探相关的国家和行业标准 6 项，相关专利 8 项。



专利、标准名称	标准、专利授权号 (申请号)
用于制备岩石包裹体中稀有气体的球磨罐	ZL201220123378.7
一种惰性气体萃取和分离的制样系统	ZL 201020269937.6
地层压力条件下岩心渗透率实验测试装置	ZL201120467474.9
高温高压吸附测试仪	ZL201110004691.9
页岩气煤层气便携式测试仪	ZL201010621116.9
一种惰性气体萃取和分离的制样系统及其应用	201010236355.2
用于制备岩石包裹体中稀有气体的球磨罐及方法	201210186623.6
天然气中生物标志物的分析方法	201210100118.2
有机物和碳酸盐岩碳、氧同位素分析方法	SY/T 5238-2008
气相色谱-质谱法测定沉积物和原油中生物标志物	GB/T 18606-2001
岩石比表面和孔径分布测定静态氮吸附容量法	SY/T 6154-1995
覆压下岩石孔隙度和渗透率测定方法	SY/T 6385-1999
气藏分类	SY/T 6168-2009
煤层气资源 / 储量规范	DZ/T 0916-2009

7

专家团队



戴金星 中国科学院院士，天然气地质和地球化学家。长期从事天然气地球化学特征和天然气理论的教学与研究工作。代表作有《中国东部无机成因气及其气藏形成条件》和《中国大中型天然气田的形成条件与分布规律》等。1987年、1997年分别获国家科技进步奖一等奖，2010年获国家自然科学进步奖二等奖。

电话：010-83597084

Email：dix@petrochina.com.cn



魏国齐 博士，教授级高级工程师，博士生导师，高级技术专家。长期从事石油天然气地质综合研究与勘探工作，负责“八五”至“十五”国家天然气攻关，以及“十一五”至“十二五”国家重大专项项目，为高石梯—磨溪震旦一下古生界等大气田的发现做出了突出贡献。获国家科技进步二、三等奖各1项，省部级奖11项。发表论文122篇，合作出版11部专著。

电话：010-69213410

Email：weigq@petrochina.com.cn



焦贵浩 博士，教授级高级工程师，高级技术专家。主要从事石油天然气地质综合研究与规划部署工作。先后完成了40多个研究项目，独立完成探井设计100多口。获得省部级成果奖7项、局级成果奖30项，合著专著3部，发表论文17篇。

电话：010-69213397

Email：jgh69@petrochina.com.cn



李剑 博士，教授级高级工程师，中国石油天然气集团公司天然气成藏与开发重点实验室主任。长期从事天然气地球化学、天然气成藏、天然气资源评价和油砂资源调查工作。先后完成了50多项科研项目；参加了“八五”至“十五”国家天然气攻关，以及“十一五”至“十二五”国家重大专项项目，获国家自然科学二等奖1项，部级成果奖12项，局级成果奖18项。发表论文102篇，出版专著10本。

电话：010-69213414

Email：lijian69@petrochina.com.cn



孙 平 博士,高级工程师,高级技术专家。长期从事常规油气、煤层气地质综合研究与勘探,先后负责二连和冀中探区、柴达木盆地油气、沁水盆地煤层气等重要领域综合研究与勘探工作。累计提出探井井位 80 余口、组织实施石油探井近 300 口;完成科研课题近 30 项。获省部级成果奖 5 项、局级奖 3 项,发表论文 20 余篇。

电话:010-69213595

Email: sunp69@petrochina.com.cn



杨 威 博士,高级工程师。主要从事沉积学、层序地层学、储层特征、区带和圈闭综合评价等油气勘探地质研究工作,先后负责、参与研究课题 30 余项,为龙岗大气藏、磨溪台内滩气藏的发现做出了贡献。获得省部级成果奖 3 项、局级成果奖 7 项,出版专著 2 部,发表论文 40 多篇。

电话:010-69213606

Email: yangw69@petrochina.com.cn



张福东 博士,高级工程师。主要从事天然气战略研究、中长期规划和年度部署、区域地质与盆地评价、区带与圈闭评价和天然气成藏地质与油气富集规律的研究工作。先后完成研究课题 25 项。获得省部级成果奖 3 项、局级成果奖 8 项,合作专著 4 部,发表论文 10 篇。

电话:010-69213165

Email: zhfd69@petrochina.com.cn



易士威 博士,教授级高级工程师。长期从事油气地质研究与勘探工作,先后负责、参与各类科研项目 50 余项。在长期勘探实践中,提出了岩性地层油气藏勘探评价方法。获国家科技进步二等奖 1 次,省部级科技进步奖 10 次,发表论文 40 余篇,合著专著 8 部。

电话:010-69213079

Email: ktb_ysw@petrochina.com.cn



王东良 博士，高级工程师。主要从事油气地球化学、油气成藏、油气地质综合评价研究等工作。负责、参加研究课题 30 余项，获得部级奖 6 项，局级奖 9 项，参加编写专著四部，核心期刊发表论文 44 篇。

电话：010-69213190

Email：wdl69@petrochina.com.cn



李志生 硕士，高级工程师。长期从事油气地球化学实验及研究工作。负责或参加课题 20 余项，获省部级奖 6 项，局级奖 15 项，发表文章 30 余篇，合作出版著作 4 部。

电话：010-69213529

Email：lizhisheng69@petrochina.com.cn



谢增业 博士，高级工程师。长期从事油气地球化学、资源评价和成藏综合研究等。负责或参加课题 50 余项，获省部级奖 14 项，局级奖 20 余项，发表文章 60 余篇，合作出版著作 5 部。

电话：010-69213520

Email：xiezenye69@petrochina.com.cn



赵泽辉 博士，高级工程师。主要从事构造地质、火山岩、致密砂砾岩储层和天然气勘探综合研究工作，负责、参与各类科研项目 14 项，获得省部级成果奖 4 项，局级成果奖 6 项，合著专著 1 部，发表论文 20 余篇。

电话：010-69213305

Email：zhaozehui@petrochina.com.cn



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



